

upna

Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

CREACIÓN DE ENTORNOS DE REALIDAD AUMENTADA



COMPRENDER LOS ECOSISTEMAS

Autor: Ibai Urtasun Martínez

Tutora: María Napal Fraile

Facultad de Ciencias Humanas y Sociales

Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer este trabajo, en primer lugar, a Ester González por habernos introducido el mundo de la realidad virtual en el aula. Por supuesto, a María Napal, mi tutora, por su dedicación y guía a lo largo de todo el proceso de elaboración de este trabajo. Por último, también querría dar las gracias a José Julián Prieto, por darme a conocer la herramienta base de esta propuesta y cederme una cuenta con la que poder jugar e investigar.

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
1. MARCO TEÓRICO	5
1.1. LA ECOLOGÍA EN LA EDUCACIÓN: IMPORTANCIA Y DIFICULTADES DE SU APRENDIZAJE EN EL AULA	5
1.1.1. La ecología como base para la construcción pedagógica de la educación ambiental.....	5
1.1.2. Las ciencias ecológicas en el currículo de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) de Navarra.....	6
1.1.3. Dificultades e ideas alternativas de la ecología en la educación	6
1.2. ENSEÑANZA INNOVATIVA Y APRENDIZAJE CREATIVO	11
1.2.1. Cambio de paradigma en la era de la información: Uso de las TIC en el aula..	11
1.2.1.1. <i>La integración pedagógica de las TIC</i>	12
1.2.2. Innovación educativa a través de la realidad aumentada.....	13
1.2.2.1. <i>¿Qué es la realidad aumentada?</i>	13
1.2.2.2. <i>Oportunidades y limitaciones de la RA en la educación</i>	15
1.2.2.3. <i>La RA desde el enfoque pedagógico constructivista: Aprendizaje basado en diseño</i>	16
2. PROPUESTA PRÁCTICA.....	18
2.1. SELECCIÓN DE SOFTWARE.....	18
2.2. CARACTERÍSTICAS DE COSPACE.....	19
2.2.1. Contingencias de la RA en el aula.....	21
2.3. GUIA DIDÁCTICA	22
2.3.1. Producto final: Diseño de un ecosistema interactivo en RA.....	22
2.3.2. Competencias que cubre la propuesta.....	23
2.3.3. Planteamiento motor, resultados de aprendizaje y criterios de evaluación de cada equipo	24
2.3.4. Materiales auxiliares	31
2.3.4.1. <i>Diario de aprendizaje individual</i>	31
2.3.4.2. <i>Cuaderno de equipo</i>	31
2.3.5. Contingencias con el número real de alumnos en el aula	32
2.3.6. Resumen de las fases y paquetes de trabajo.....	32
2.3.6.1 <i>Cronograma</i>	35
2.3.7. FASE PREVIA	36
2.3.7.1. <i>Introducción al diseño en RA</i>	36
2.3.8. FASE INICIAL.....	39

2.3.8.1. <i>Organizando el proyecto</i>	39
2.3.8.2. <i>Investigación</i>	40
2.3.8.3. <i>Puesta en común</i>	41
2.3.9. FASE DE DESARROLLO	43
2.3.9.1. <i>Diseño</i>	43
2.3.9.2. <i>Mejorando el escenario RA</i>	44
2.3.10. FASE FINAL	45
2.3.10.1. <i>Presentación y evaluación</i>	45
2.3.10.2. <i>Prueba externa</i>	46
2.3.11. Evaluación	47
3. DISCUSIÓN	49
3.1. ¿ES FACTIBLE EL APRENDIZAJE BASADO EN DISEÑO DE LA REALIDAD AUMENTADA?	49
3.2. ANÁLISIS DAFO DE LA PROPUESTA	49
3.2.1. Fortalezas	50
3.2.2. Debilidades	51
3.2.3. Oportunidades	52
3.2.4. Amenazas	52
3.2.5. Matriz DAFO	53
4. CONCLUSIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXO I Plantilla cubo de <i>Merge</i>	63
ANEXO II Diario de aprendizaje	64
ANEXO III Cuaderno de equipo	66

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es presentar una propuesta de intervención didáctica para la asignatura de Biología y Geología en 4º de la ESO, que desarrolle los contenidos de ecología y medio ambiente a través del aprendizaje basado en el diseño de un entorno de realidad aumentada (RA). Se agruparán los alumnos en cuatro equipos para trabajar en cuatro ejes principales, en torno a los cuales pueden agruparse las ideas alternativas existentes: Ciclos biogeoquímicos, Redes tróficas, Dinámica y evolución de ecosistemas y Factores que afectan a la abundancia y distribución de organismos. Cada equipo diseñará el entorno de realidad aumentada utilizando la herramienta *Cospace*, que posibilita la programación a usuarios no experimentados mediante la programación por bloques. El análisis DAFO de la intervención propuesta arroja ciertas fortalezas como son los beneficios de aprender creando, de modelizar procesos o de la multimodalidad, pero también detecta puntos débiles donde puede mejorar como la falta de un enfoque ético para tratar los temas de medio ambiente o los problemas de transferibilidad debido a las deficiencias de la competencia digital docente.

Palabras clave: Realidad aumentada, Ecología, Aprendizaje basado en diseño, Educación secundaria.

ABSTRACT

The aim of this paper is to present a proposal of didactic intervention for the subject of Biology and Geology in 10th grade, which develops the contents of ecology and environment through learning based on the design of an augmented reality (AR) environment. Students will be grouped into four teams to work on four main axes, around which existing misconceptions can be grouped: Biogeochemical cycles, Trophic Networks, Dynamics and evolution of ecosystems and Factors that affect the abundance and distribution of organisms. Each team will design the augmented reality environment using the *Cospace* tool, which allows programming for non-experienced users through block programming. The SWOT analysis of the proposed intervention yields certain strengths such as the benefits of learning by creating, modeling processes or multimodality, but it also detects weaknesses where it can improve, such as the lack of an ethical approach to deal with environmental issues or transferability problems due to the deficiencies of digital teaching competence.

Keywords: Augmented reality, Ecology, Design-based learning, High school.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. LA ECOLOGÍA EN LA EDUCACIÓN: IMPORTANCIA Y DIFICULTADES DE SU APRENDIZAJE EN EL AULA

1.1.1. La ecología como base para la construcción pedagógica de la educación ambiental

La crisis ecológica es en la actualidad el mayor reto al que nos enfrentamos los seres humanos. Si queremos garantizar nuestra supervivencia como especie, es fundamental que respondamos a dicha problemática con acciones y compromisos concretos que logren mitigar y revertir los efectos nocivos de la actividad humana sobre el medio ambiente (Conferencia de Estocolmo, 1972; Conferencia de Rio, 1992; Quinto informe de evaluación (AR5) del IPCC, 2014). Una de las vertientes de intervención de las principales instituciones globales apunta a la educación como eje fundamental para implicar a las nuevas generaciones en el cuidado del medio ambiente (Conferencia Tbilisi (UNESCO), 1977).

En la década de los 90 David Orr (1992) y Fritjof Capra (1996) desarrollaron, con diferentes matices, el término de *alfabetización ecológica*. Este término, también conocido como *ecoalfabetización*, alude a la importancia de conocer los principios ecológicos para establecer un vínculo entre las comunidades humanas y ecológicas, reconectándonos a lo que denominan como “la trama de la vida”. En definitiva, se trata de que comprendamos los sistemas naturales complejos que sustentan la vida en el planeta para extraer lecciones morales que puedan aplicarse a las organizaciones sociales humanas. Es decir, si somos capaces de entender el entorno que nos rodea es más probable que respetemos los límites de estos sistemas, creando comunidades que funcionen en armonía con el medio ambiente.

La ciencia ecológica es, por tanto, la ciencia que “a través de sus conceptos estructurantes se percibe hoy como la disciplina científica que apoya y fundamenta la construcción pedagógica de cualquier programa de educación ambiental” (Correa, 2012). Diversos autores (Bogner, 2009; Pathak, 2018) han demostrado que la enseñanza de la ecología conlleva cambios actitudinales en los alumnos que han recibido una instrucción en este campo. Sin embargo, ambos autores ponen énfasis en la importancia de dar un enfoque ético más allá del mero transvase de conocimientos para cimentar un cambio a largo plazo, por lo que cualquier intervención didáctica debe tener en cuenta la vertiente ética y moral de la problemática ambiental si pretende conseguir un cambio en la mentalidad del alumnado.

Una forma de abordar la enseñanza de los valores en el aula, la constituye los contenidos transversales del currículo, cuya incidencia se da a través de los contenidos de distintos cursos y asignaturas (Díaz, 2005), y son concebidos como:

“Contenidos culturales relevantes y valiosos, necesarios para la vida y la convivencia, que configuran de manera especial el modelo de ciudadano que demanda cada sociedad, a través de una educación en valores que permita a los alumnos sensibilizarse y posicionarse ante los problemas, enjuiciarlos críticamente y actuar con un compromiso libremente asumido.” (Martínez, 1995).

1.1.2. Las ciencias ecológicas en el currículo de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) de Navarra

En el marco de la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE, Ley 8/2013 de 9 de diciembre) el Decreto Foral 24/2015 de 22 de abril establece el currículo de las enseñanzas de Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Foral de Navarra. Dentro de su Anexo I se desarrollan los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje de la asignatura de Biología y Geología. Si bien conceptos clave relacionados con la ecología, como la hidrología, fisiología de las plantas o la geología se dan a lo largo de todo el ciclo formativo, la enseñanza de la ecología propiamente dicha se restringe a los niveles de 3º ESO y 4º ESO, (Figura 1).

A modo de resumen, el primero de esos niveles sirve como una introducción en las ciencias ecológicas, centrándose en aspectos descriptivos y conceptuales, mientras que en el siguiente nivel se profundiza más en las dinámicas e interrelaciones que una ciencia como la ecología implica, instruyendo al alumnado en contenidos tales como las relaciones tróficas entre los distintos niveles y la interacción de los organismos entre ellos y con el medio, así como su repercusión en la dinámica y evolución de dichos ecosistemas con especial énfasis en el impacto del ser humano en el entorno.

BLOQUE 3.-ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE		
<p>Estructura de los ecosistemas. Componentes del ecosistema: Comunidad y biotopo. Relaciones tróficas: cadenas y redes. Hábitat y nicho ecológico. Factores limitantes y adaptaciones. Límites de tolerancia. Autorregulación del ecosistema, de la población y de la comunidad. Dinámica del ecosistema. Ciclo de materia y flujo de energía. Pirámides ecológicas. Ciclos biogeoquímicos y sucesiones ecológicas. Impactos y valoración de las actividades humanas en los ecosistemas. La superpoblación y sus consecuencias: deforestación, sobreexplotación, incendios, etc. La actividad humana y el medio ambiente. Los recursos naturales y sus tipos. Consecuencias ambientales del consumo humano de energía. Los residuos y su gestión. Conocimiento de técnicas sencillas para conocer el grado de contaminación y depuración del medio ambiente.</p>	<p>1. Categorizar los factores ambientales y su influencia sobre los seres vivos. 2. Reconocer el concepto de factor limitante y límite de tolerancia. 3. Identificar las relaciones intra e interespecíficas como factores de regulación de los ecosistemas. 4. Explicar los conceptos de biotopo, población, comunidad, ecotono, cadenas y redes tróficas. 5. Comparar adaptaciones de los seres vivos a diferentes medios, mediante la utilización de ejemplos. 6. Expresar cómo se produce la transferencia de materia y energía a lo largo de una cadena o red trófica. 7. Relacionar las pérdidas energéticas producidas en cada nivel trófico con el aprovechamiento de los recursos alimentarios del planeta desde un punto de vista sostenible. 8. Contrastar algunas actuaciones humanas sobre diferentes ecosistemas, valorar su influencia y argumentar las razones de ciertas actuaciones individuales y colectivas para evitar su deterioro. 9. Concretar distintos procesos de tratamiento de residuos. 10. Contrastar argumentos a favor de la recogida selectiva de residuos y su repercusión a nivel familiar y social. 11. Asociar la importancia que tiene para el desarrollo sostenible la utilización de energías renovables.</p>	<p>1.1. Reconoce los factores ambientales que condicionan el desarrollo de los seres vivos en un ambiente determinado, valorando la importancia que tienen en la conservación del ecosistema. 2.1. Reconoce los factores limitantes en los principales ecosistemas. 2.2. Interpreta gráficas para determinar los límites de tolerancia y los valores óptimos de un factor determinado para una especie concreta. 3.1. Reconoce distintas relaciones inter e intraespecíficas y su influencia en la regulación de los ecosistemas. 4.1. Analiza las relaciones entre biotopo y biocenosis y entre sus distintos componentes, evaluando su influencia en el equilibrio del ecosistema. 5.1. Interpreta las adaptaciones de los seres vivos a un ambiente determinado, relacionando la adaptación con el factor o factores ambientales desencadenantes de la misma. 6.1. Reconoce los diferentes niveles tróficos y las relaciones entre ellos, valorando la importancia que tiene, para la vida en general, el papel de cada especie en el ecosistema y la necesidad su conservación. 7.1. Establece la relación entre la transferencia de energía de los niveles tróficos y su eficiencia energética. 7.2. Explica las consecuencias prácticas de la gestión sostenible de los recursos alimentarios por parte del ser humano, valorando sus beneficios. 8.1. Argumenta sobre las actuaciones humanas que tienen una influencia negativa sobre los ecosistemas: contaminación, desertización, agotamiento de recursos... 8.2. Defiende y concluye sobre posibles actuaciones para la mejora del medio ambiente. 9.1. Describe distintos procedimientos para el tratamiento de residuos y valora críticamente su recogida selectiva. 10.1. Argumenta los pros y los contras del reciclaje y de la reutilización de recursos materiales. 11.1. Destaca la importancia de las energías renovables para el desarrollo sostenible del planeta.</p>

Figura 1. Bloque 3 de la asignatura de Biología-Geología de 4º ESO (DF 5353/434)

1.1.3. Dificultades e ideas alternativas de la ecología en la educación

Desde que el biólogo alemán E. Haeckel (1869) acuñó el término ecología como el estudio de los organismos vivos con su ambiente, esta definición ha sido adaptada en diversas ocasiones para poder abarcar la complejidad de esta disciplina. Otros autores más recientes como Likens (1992) definieron la ecología como “el estudio científico de los procesos que influyen en la abundancia y distribución de los organismos, en la interacción entre organismos y en la transformación y flujo de energía y materia”.

Este enfoque, centrado en la importancia de los procesos y de las diferentes interacciones que pueden darse tanto entre organismos como con el medio, hacen de la ecología una ciencia de síntesis, que combina conocimientos de distintas disciplinas para tratar de comprender el funcionamiento de la naturaleza (Margalef, 1995). Es por ello que la enseñanza de la ecología favorece, en parte, tratamientos interdisciplinarios en la educación (Terradas, 1979), pero también,

genera dificultades en su enseñanza y aprendizaje debido a la complejidad de la naturaleza del sujeto de estudio; como son el gran número de interrelaciones, los factores cambiantes y los límites de las diferentes escala temporal y espacial con las que hay que lidiar (Ibarra, Quilez, y Carrasquer, 2009).

Haciendo una amplia revisión bibliográfica y atendiendo a los contenidos del currículo de secundaria, hemos agrupado las principales ideas alternativas sobre ecología en cuatro grupos: Conceptos estructurales y funcionales básicos, dinámica y evolución de los ecosistemas, ciclo de materia y flujo de energía e interacciones entre organismos y con el medio.

En el primero de los grupos encontramos ideas alternativas sobre conceptos estructurales básicos de la ecología como ecosistema, población, comunidad y hábitat y sobre conceptos funcionales como nicho o biodiversidad (Tabla 1).

CONCEPTOS ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES BÁSICOS	
Tema	Ideas alternativas
<i>ECOSISTEMA</i>	<p>Considerar el ecosistema como un “trozo” de naturaleza, ajeno al entorno urbano, de límites rígidos, sin profundizar en su organización compleja y dinámica (García, 2003).</p> <p>Presuponer la bondad y armonía de los elementos en la naturaleza por el solo hecho de ser ‘naturales’ (Rohde, 1996).</p> <p>No suelen considerar las múltiples relaciones de causa-efecto o los efectos de segundo orden de los procesos ecosistémicos (Hogan, 2000).</p>
<i>POBLACIÓN Y COMUNIDAD</i>	<p>Población: Considerar que las poblaciones solo están compuestas de animales (Elif y Muhlis, 2015).</p> <p>Dificultades para distinguir los conceptos de población y comunidad (Sánchez Sánchez-Cañete y Pontes Pedrajas, 2010; Tekkaya, 2002).</p>
<i>HABITAT Y NICHOS</i>	<p>Dificultades para distinguir los conceptos de hábitat y nicho (Sánchez Sánchez-Cañete y Pontes Pedrajas, 2010).</p>
<i>BIODIVERSIDAD</i>	<p>Asociar la “biodiversidad” solo con la “diversidad de especies”, sin considerar los distintos niveles de organización biológica para los que es válido este concepto (Hunter, L.M. y Brehm, 2003).</p> <p>Poner especial énfasis en las especies animales y vegetales, obviando el resto (Bright, A. y Stinchfield, 2005).</p> <p>Desligar la conservación de la biodiversidad del desarrollo sostenible (Summers, M.; Corney, G. y Childs, 2004).</p> <p>Confusiones terminológicas y conceptuales entre:</p> <p>a) el número de especies (riqueza, o “R”) y el número de individuos (abundancia absoluta de organismos de la población de una especie, o “n”);</p>

	<p>b) la riqueza de especies (R) y la diversidad funcional, determinada por la variedad de caracteres funcionales representados en el pool de especies que integran una comunidad;</p> <p>c) el número de individuos de una especie (n) y el mismo en relación con el conjunto de individuos del total de especies (o “N”); es decir, la abundancia relativa (n/N) (G. Bermudez y De Longhi, 2005; 2006)</p> <p>Falta de reconocimiento de la capacidad de amortiguamiento frente a un cambio drástico que tiene un ecosistema con mayor número de individuos de una especie, o de especies de un mismo tipo funcional o gremio, que otro (redundancia funcional) (G. Bermudez y De Longhi, 2005; 2006).</p>
--	--

Tabla 1. Conceptos estructurales y funcionales básicos **FUENTE:** elaboración propia

En el siguiente grupo de ideas alternativas se enmarcan los conceptos relacionados con la dinámica y evolución de los ecosistemas como la sucesión, la idea de climax y la perturbación (Tabla 2).

DINÁMICA Y EVOLUCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS	
Tema	Ideas alternativas
<i>SUCESIÓN</i>	<p>Cambios en el tiempo: Entender la secuencia de colonización de plantas de un modo muy simple o incluso percibir, únicamente, la presencia de las especies más «visibles» (árboles), no teniendo en cuenta la presencia de herbáceas y arbustos. (Ibarra Murillo y Gil Quílez, 2009).</p> <p>Causas de los cambios: No hay verdaderas explicaciones de los cambios; razones vitalistas y antropomórficas sustituyen a las científicas (Ibarra Murillo y Gil Quílez, 2009).</p>
<i>ESTABILIDAD Y CLIMAX</i>	<p>Entender la estabilidad como un equilibrio referido a un óptimo, atribuyendo al ecosistema propiedades homeostáticas (García, 2003) o referido a la maximización de ciertos parámetros (diversidad, biomasa) (Ibarra Murillo y Gil Quílez, 2009).</p> <p>Idea de clímax preestablecido mediante la sucesión ecológica (García, 2003).</p>
<i>PERTURBACIÓN</i>	<p>Efecto disipador: las consecuencias de una perturbación, situadas en un lugar particular de la red alimentaria, se debilitan o disipan a medida que se expanden desde esa posición (White, 1997).</p> <p>La presencia del disturbio siempre tiene connotaciones negativas y extremistas. Fuerte asociación del fuego, las lluvias y las actividades de caza con incendios devastadores, inundaciones y con la caza furtiva que conlleva necesaria e incondicionalmente a la extinción (G. Bermudez y De Longhi, 2008)</p>

Tabla 2. Dinámica y evolución de los ecosistemas **FUENTE:** elaboración propia

Dentro de las ideas alternativas sobre el ciclo de la materia y el flujo de la energía se encuentran concepciones erróneas sobre el propio flujo de energía, sobre procesos básicos como la producción primaria y la descomposición o sobre el suelo como una de las interfaces clave en la que se desarrolla el ciclo de nutrientes. De este apartado se ha separado la parte correspondiente a redes tróficas debida a la importancia relativa que tiene tanto en el currículo como en cuanto a la cantidad de ideas alternativas que alberga (Tabla 3).

CICLO DE MATERIA Y FLUJO DE ENERGIA	
Tema	Ideas alternativas
<i>FOTOSÍNTESIS Y PRODUCCIÓN PRIMARIA</i>	<p>Simplificar la fotosíntesis al mero intercambio de gases obviando la transformación de la energía (Barrabín, J. y Grau Sánchez, 1996).</p> <p>Creer que las plantas obtienen todos los nutrientes a través de sus raíces (Anderson, C. W., Sheldon, T. H., & Dubay, 1990).</p> <p>Considerar que las plantas obtienen la energía, además del sol, del suelo y del agua como fuente adicional de energía en los ecosistemas (Krall, R. M., Lott, K. H., & Wymer, 2009).</p> <p>No identificar los productores primarios en una red trófica (Grigg, W. S., Lauko, M. A., & Brockway, 2006).</p> <p>Desconocer el papel de las algas verdes en un ecosistema lacustre (Grigg, W. S., Lauko, M. A., & Brockway, 2006).</p>
<i>DESCOMPOSICIÓN</i>	<p>No relacionar los microorganismos descomponedores con los procesos de descomposición y desconocer las transformaciones que experimentan los nutrientes (Barrabín, J. y Grau Sánchez, 1996).</p> <p>Creer que los descomponedores reciclan energía en lugar de nutrientes (Beals, Road, Krall, & Wymer, 2012) liberando dicha energía y devolviéndola a las plantas (Fries-Gaither, 2009).</p>
<i>SUELO</i>	<p>Describir el suelo como un ser vital capaz de succionar y absorber sustancias y alimentarse de ellas (Barrabín, J. y Grau Sánchez, 1996).</p> <p>Considerar que el suelo es una fuente de energía para los organismos en un ecosistema (Beals et al., 2012).</p>
<i>FLUJO DE ENERGIA</i>	<p>Percibir la energía en los contextos biológicos como algo completamente distinto a la energía en los contextos físicos (Ellse, 1988).</p> <p>Creer, basándose en los principios de la termodinámica, que la cantidad de energía no cambia de un nivel trófico a otro porque permanece inalterada en la naturaleza (Toman, 2018) y que, por</p>

	tanto, no hay una “perdida” de energía de un nivel trófico a otro (Beals et al., 2012).
--	---

Tabla 3. Ciclo de materia y flujo de energía **FUENTE:** elaboración propia

En las interacciones entre los organismos, y entre los organismos y el medio destacan las ideas alternativas sobre las redes tróficas, aunque también otros conceptos como la competencia o las relaciones entre el medio biótico y el abiótico tienen importancia (Tabla 4).

INTERACCIONES ENTRE ORGANISMOS Y CON EL MEDIO	
Tema	Ideas alternativas
REDES TRÓFICAS	<p>Considerar las redes tróficas como organizaciones lineales –en un solo sentido, o a lo sumo lineales bidireccionales o piramidales (García, 2003; Hogan, 2000).</p> <p>Entender el concepto de red trófica como un ciclo en el cual un organismo vivo se come a otros (Elif y Muhlis, 2015).</p> <p>Establecer una causalidad recíproca para interpretar las relaciones entre predadores y presas (White, 1995).</p> <p>Las relaciones entre los organismos son únicamente tenidas en cuenta como relaciones entre individuos, en lugar de entre poblaciones (Barrabín, J. y Grau Sánchez, 1996).</p> <p>La mayor parte del alumnado cita la superioridad del depredador respecto a la presa, en términos físicos, en términos evolutivos, e incluso hay estudiantes que atribuyen cualidades antropomórficas y morales al referirse a las características de los depredadores (Barrabín, J. y Grau Sánchez, 1996).</p> <p>Considerar que la mayoría de los animales son carnívoros (Elif y Muhlis, 2015) o que las poblaciones de depredadores y presas son similares (Fries-Gaither, 2009).</p> <p>Creer que la totalidad de la energía de un nivel trófico se transfiere al siguiente nivel (Beals, Road, Krall, y Wymer, 2012).</p>
INTERACCIONES ENTRE ORGANISMOS Y COMPETENCIA	<p>Considerar que las únicas interacciones entre los organismos vivos que producen cambios en el ecosistema son aquellas relacionadas con la cadena trófica (Munson, 1992).</p> <p>Competencia: La importancia de la competencia en la configuración de las comunidades bióticas se interpreta únicamente a través de la exclusión competitiva, con el resultado de la extinción como mecanismo principal (Stamp, Armstrong, y Biger, 2007)</p>

<p style="text-align: center;">INTERACCIONES ENTRE LOS ORGANISMOS Y EL MEDIO</p>	<p>Una parte de los estudiantes cree que no hay interacción entre los organismos vivos y el medio abiótico (Tekkaya, 2002).</p> <p>Desconocer que los factores bióticos y abióticos en un ecosistema afectan a la capacidad de campo de las poblaciones (Stamp et al., 2007) e infravalorar el papel del componente abiótico en comparación con el de los organismos vivos (Prokop, Tuncer, y Kvasničák, 2007).</p>
---	---

Tabla 4. Interacción entre organismos y con el medio **FUENTE:** elaboración propia

Las ideas alternativas del alumnado presentan cierta estabilidad a lo largo del tiempo y son resistentes al cambio. Esto se debe, entre otras razones, a que determinadas estrategias y procesos cognitivos contribuyen a la persistencia de los marcos conceptuales (Cubero, 1994), por lo que establecer cambios en los procesos cognitivos mediante la enseñanza innovativa puede ser un modo de modificar las concepciones alternativas de los alumnos.

1.2. ENSEÑANZA INNOVATIVA Y APRENDIZAJE CREATIVO

Según el *Australian National Audit Office* (2009) la innovación es “esencialmente la creación e implementación de nuevos procesos, productos, servicios y métodos, que resultan en mejoras significativas en la eficiencia, efectividad o calidad de los resultados”.

La innovación educativa sería, por lo tanto, la aplicación de dicho proceso o producto para beneficiar el dominio o campo de la enseñanza. Los procesos de innovación relacionados con las mejoras en los procesos de enseñanza-aprendizaje deben implicar cambios relacionados con: La incorporación de nuevos materiales, nuevos comportamientos y prácticas de enseñanza y nuevas creencias y concepciones (Fullan y Stiegelbauer, 1991).

En definitiva, la enseñanza innovadora es un proceso que implica cambio y novedad que conduce a una mejora de la calidad educativa, entendida por Ferrari y colaboradores (2009) como el desarrollo del aprendizaje creativo y la implementación de nuevos métodos, herramientas y contenidos que podrían beneficiar a los estudiantes y su potencial creativo.

Una de las posibles vías de innovación es la incorporación de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el aula para apoyar los procesos de enseñanza-aprendizaje.

1.2.1. Cambio de paradigma en la era de la información: Uso de las TIC en el aula

La *era de la información* (*sensu* M. Castell) mediante el desarrollo y difusión de la tecnología, ha revolucionado la base material de nuestras vidas, provocando cambios drásticos en todos los ámbitos de la sociedad, incluida la educación. Este nuevo paradigma, en el que la información es desbordante, choca con la visión tradicional del profesor como fuente y transmisor principal de conocimientos de la escuela tradicional (Bauman, 2007). Autores como Ala-Mutga, Punie y Redecker (2008) afirman que a medida que la tecnología se generaliza la forma en la que los jóvenes aprenden y adquieren nuevos conocimientos se ha alterado sustancialmente. El uso de la

tecnología está alterando nuestros cerebros, siendo las herramientas que utilizamos quienes definen y moldean nuestro pensamiento (Siemens, 2005). Las generaciones que actualmente están cursando la educación obligatoria han crecido rodeados de videojuegos, teléfonos inteligentes y otros medios digitales. Esta abrumadora difusión de la tecnología trae consigo una nueva comprensión de la comunicación, el tratamiento de la información y la creación de significados en el alumnado. Es necesario, por tanto, que los docentes cambien, desarrollando enfoques creativos, la forma en la que atraen el interés y la atención de los estudiantes (Simplicio, 2000) para que la brecha entre la escuela y el entorno digital del hogar no afecte a las expectativas de los alumnos (Pedró, 2006).

El uso de las TIC en el aula no sólo debe ser la respuesta a las consecuencias de este cambio de paradigma, sino que su introducción en el proceso de aprendizaje puede tener un gran potencial para transformar la educación, ofreciendo nuevas oportunidades para diseñar entornos de aprendizaje que sean realistas, auténticos, atractivos y divertidos (Kirkley y Kirkley, 2005). Para Almenara (2010) las posibilidades que las TIC pueden aportar a la formación se resumen en las siguientes:

1. Ampliación de la oferta informativa.
2. Creación de entornos más flexibles para el aprendizaje.
3. Eliminación de las barreras espacio-temporales entre el profesor y los estudiantes.
4. Incremento de las modalidades comunicativas. Potenciación de la interacción social entre los participantes.
5. Potenciación de los escenarios y entornos interactivos.
6. Favorecer tanto el aprendizaje independiente y el autoaprendizaje como el colaborativo y en grupo.
7. Romper los clásicos escenarios formativos, limitados a las instituciones escolares.
8. Ofrecer nuevas posibilidades para la orientación y la tutorización de los estudiantes.
9. Facilitar una formación permanente.

1.2.1.1. La integración pedagógica de las TIC

A pesar de que algunas investigaciones demuestran que la tecnología tiene un gran impacto en el nivel de participación de los estudiantes en la comprensión del contenido de aprendizaje (Di Serio, Ibáñez y Kloos, 2013; Kreijns, Acker, Vermeulen y Buuren, 2013), a menudo la utilización de la tecnología en el aula no es en absoluto una garantía de éxito. Por el contrario, el mal uso de las tecnologías emergente puede dar como resultado un nivel de aprendizaje inferior (Brower et al., 2014). Es por ello que es imprescindible lograr una integración adecuada entre la didáctica y la tecnología para hacer de las TIC una verdadera innovación educativa (Del Rio-Sánchez, 2009).

Para lograr esta integración pedagógica es necesario planificar las experiencias de aprendizaje para que la tecnología siga a la pedagogía, en lugar de introducir la tecnología por el mero hecho de hacerlo, lo que puede llevar a plantear actividades de un menor impacto, o incluso nulo (Napal y Zudaire, 2019).

Una forma de determinar la manera en que los docentes y estudiantes utilizan la tecnología en el aula es mediante el modelo SAMR (Sustitución, Aumento, Modificación y Redefinición) desarrollado por Puentedura (2006), con el cual se establecen cuatro niveles de integración pedagógica de la tecnología. (Figura 2). Los dos primeros niveles del modelo (aumento y sustitución) definen una mejora de las actividades por la inclusión de la tecnología, aunque tienden a tener poco impacto sobre los estudiantes. Los siguientes niveles (modificación y redefinición), en cambio, suponen una transformación de los procesos de enseñanza-aprendizaje, provocando un cambio sustancial en el rendimiento.

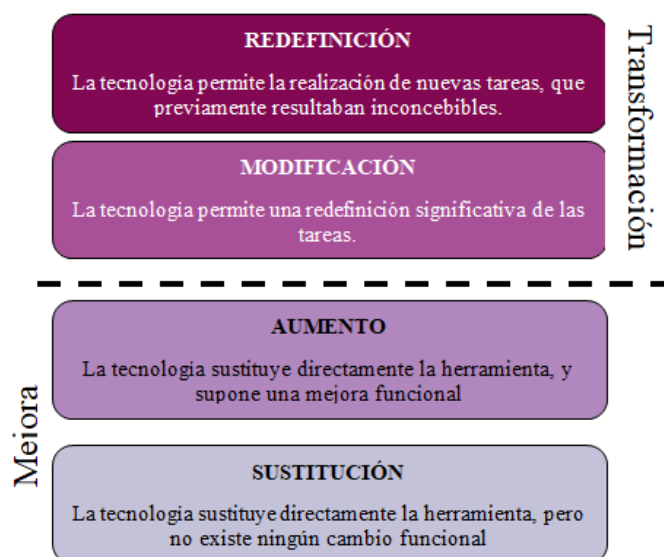


Figura 2. Modelo SAMR *FUENTE:* Puentedura (2006), adaptado por Napal y Zudaire (2019).

Una de las tecnologías emergentes que en los últimos tiempos más ha atraído la atención de educadores e investigadores por su gran potencial pedagógico son las tecnologías relacionadas con la modificación de la percepción de la realidad. Un claro ejemplo de ello es la gran cantidad de estudios elaborados sobre los potenciales usos de la Realidad Aumentada (RA) en el aula (Nicarean et al., 2013; Brower et al., 2014)

1.2.2. Innovación educativa a través de la realidad aumentada

1.2.2.1 ¿Qué es la realidad aumentada?

Azuma (1997) definió la RA como la tecnología que permite superponer objetos virtuales en el mundo real haciendo que coexistan en el mismo espacio. Para este autor cualquier sistema de RA debe cumplir los siguientes tres criterios:

- 1) Combinar objetos virtuales y reales
- 2) Ser interactivo en tiempo real
- 3) Estar desarrollado en 3D

En comparación con la Realidad Virtual (RV) en la cual el usuario está completamente inmerso en un mundo virtual, la RA se sitúa en un punto intermedio entre el contexto real y la virtualidad,

dentro de lo que Milgram, Takemura, Utsumi, y Kishino (1995) definieron como “Continuo Realidad-Virtualidad” (Figura 3). Este continuo está conformado por un espectro en cuyos extremos se encuentran los entornos completamente reales (Realidad) y los entornos completamente virtuales (Virtualidad o RV). El espacio intermedio entre el contexto real y el virtual se denomina como Realidad Mixta (RM), siendo un entorno donde el mundo real y el mundo virtual se mezclan. Como podemos ver en la figura 3, la RM consta de dos elementos principales: a un lado está la realidad aumentada y al otro lado está la virtualidad aumentada (VA). La diferencia entre ambos es que la RA es una combinación de objetos virtuales en un entorno real, conteniendo una pequeña cantidad de datos virtuales, mientras que la VA es un ambiente en el que los elementos de la realidad se trasplantan a un entorno virtual y contienen más datos digitales.

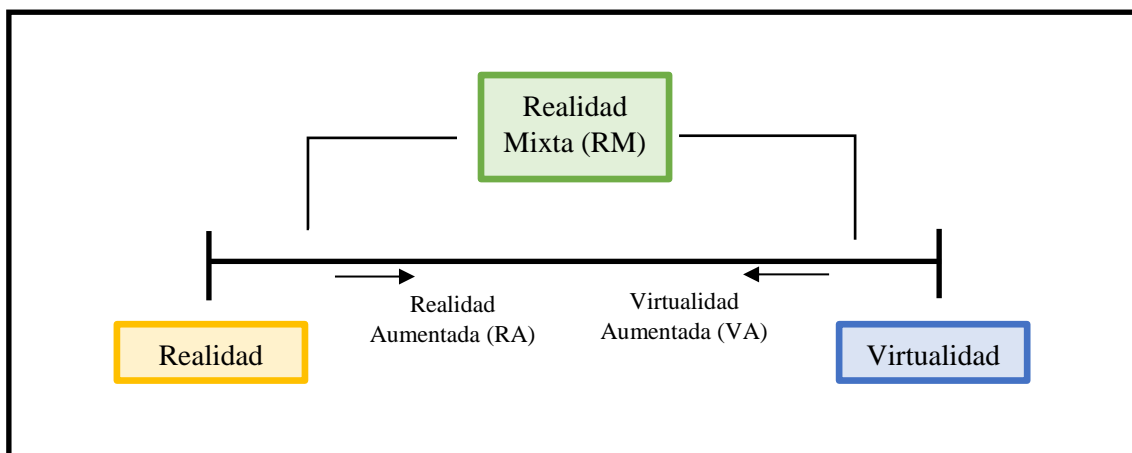


Figura 3. Continuo Realidad-Virtualidad **FUENTE:** Milgram y colaboradores (1994)

En la actualidad, uno de los aspectos que ha llevado a la popularización en la sociedad de la realidad aumentada, es el rápido auge y expansión de los dispositivos móviles. De este modo, se ha formado un nuevo binomio entre la realidad aumentada y estos dispositivos, como teléfonos inteligentes y tabletas, creando lo que se denomina como Realidad Aumentada Móvil (RAM) (Nincarean et al., 2013).

Para Kamarainen y colaboradores (2018) hay dos formas principales de ofrecer experiencias en RAM: La RA basada en la imagen y la RA basada en la ubicación.

RA basada en la imagen: Permite a un diseñador vincular información digital con un disparador físico, que podría ser un objeto, imagen o código QR. La cámara de los teléfonos inteligentes o tabletas se utilizan para reconocer el patrón del disparador y activar la información y los medios asociados, que se muestran al usuario.

RA basada en la ubicación: Permite que los usuarios de teléfonos inteligentes o tabletas con GPS, activen información digital en ubicaciones concretas del mundo real. El diseñador utiliza una interfaz en línea basada en mapas para incrustar información y medios digitales en lugares de interés. Esta información, después de ser activada por la ubicación, o por un disparador análogo a los empleados en RA basada en la imagen, se superpone en el entorno real en forma de medios digitales, datos, audio, videos, o narrativas, haciendo que la información parezca incrustada en el mundo real.

1.2.2.2. Oportunidades y limitaciones de la RA en la educación

La realidad aumentada, con el desarrollo tecnológico actual, se posiciona como una herramienta capaz de transformar profundamente la educación tal y como la conocemos (Brower et al., 2014).

Una de las características de la RA más relevantes para la didáctica es la capacidad de superponer información contextual relevante del mundo real a través de la superposición de objetos virtuales (Azuma, 1997). Idealmente, estos objetos virtuales, que pueden incluir texto, imágenes fijas, videoclips, sonidos, modelos 3D y animaciones, se percibirán como coexistentes dentro de un entorno real, ayudando a que los alumnos construyan conexiones más profundas entre los aspectos abstractos y concretos del objeto de estudio (Rogers et al., 2004).

La capacidad de superponer medios enriquecidos en el mundo real para verlos a través de dispositivos habilitados, como teléfonos y tabletas, significa que la información se puede poner a disposición de los estudiantes en el momento y lugar exactos. Esto tiene el potencial de reducir la sobrecarga cognitiva al proporcionar a los estudiantes un "andamiaje perfectamente ubicado" (Brower et al., 2014), como por ejemplo en el contexto de unas prácticas de laboratorio (de Echave, Sánchez y Serón, 2016).

Otro de los aspectos pedagógicos importantes de la RA es la capacidad de reescalar objetos virtuales, desde moléculas a cuerpos planetarios, lo que permite a los estudiantes comprender mejor a través de la manipulación, las propiedades y relaciones de objetos que serían demasiado pequeños o demasiado grandes para examinarlos efectivamente en un contexto real (Johnson et al., 2010). De este modo, la RA basada en la imagen puede ayudar a los estudiantes a comprender conceptos que requieren de abstracción o de una interpretación de relaciones espaciales complejas (Radu, 2014). Aunque otras tecnologías pueden realizar la misma función, la acción de reescalar en los sistemas de Realidad Aumentada proporciona al usuario una representación clara de los conceptos espaciales y temporales, así como la ventaja adicional de contextualizar la relación entre el objeto virtual y el entorno del mundo real (Sin y Zaman, 2010).

En cuanto a las actitudes del alumnado, las investigaciones sobre el impacto de la RA en la educación afirman que los alumnos tienen actitudes favorables hacia ella y que su utilización aumenta la motivación hacia el aprendizaje y la participación de los estudiantes de secundaria (Kamarainen et al., 2013; Di Serio, Ibáñez y Delgado, 2013). También, se ha demostrado que los entornos de RA propician un entorno activo de enseñanza (Fombona, Pascual y Madeira, 2012), que despierta un elevado grado de satisfacción en los alumnos (Kim et al., 2016) y que pueden mejorar la colaboración entre estudiante-estudiante y entre estudiantes-instructor (Billinghurst, 2002), maximizando la transferencia de aprendizaje (Kaufmann y Schmalstieg, 2003; Kamarainen et al., 2013).

En el contexto de enseñanza de ciencias de Echave, Sánchez y Serón (2016) comprobaron que el aumento de la motivación asociada al uso de entornos de RA posibilitó la mejora de la autoestima y la generación de emociones positivas respecto a la actividad científica, consiguiendo así un escenario con mayores oportunidades de desarrollo de la creatividad.

Además, según Chien, Chen y Jeng (2010), la RA tiene la capacidad de fomentar el aprendizaje cinestésico. Dado que esta tecnología utiliza modelos 3D de objetos virtuales y reales, habilita al usuario a ver el contenido de aprendizaje desde una variedad de perspectivas o ángulos diferentes, mejorando su comprensión, especialmente en el caso de los estudiantes que generalmente encuentran dificultades para visualizar fenómenos no observables en el mundo real.

Por otro lado, existen barreras significativas para el uso exitoso de la realidad aumentada en el aula, como son las dificultades y reticencias a la incorporación de esta tecnología emergente por parte de los profesores. Esto es debido a su deficiente competencia digital y a la escasez de recursos tecnológicos a disposición de los docentes (Bower et al., 2014; Gutierrez et al., 2015) y hace que, éstos, tengan que necesitar un nivel muy alto de apoyo para garantizar un resultado positivo al usar la RA en clase (Dede, 2009).

Del mismo modo, a pesar del enorme potencial de las aplicaciones de RA en la educación, la mayoría de sus usos están relacionada con la provisión de información y las capacidades de pensamiento de orden inferior como son recordar las capitales de países o realizar procesos de cálculo rutinarios, como una división (Brower et al., 2014). Esto se debe a que, en algunos sistemas de RA, el contenido y la secuencia de enseñanza son fijos y los profesores no son capaces de hacer cambios para acomodar las herramientas a los objetivos de la instrucción (Wu et al., 2013). Por lo tanto, de cara a solventar esta problemática es crucial que los educadores se doten de las habilidades necesarias para integrar la RA en sus clases y así evitar que el diseño de las herramientas sea llevado a cabo principalmente por profesionales de la tecnología de la información con una comprensión limitada de la pedagogía efectiva (Billinghurst y Duenser, 2012).

Los académicos coinciden en que existe una necesidad constante de investigar las prácticas pedagógicas más adecuadas para un plan de estudios influenciado por la realidad aumentada (Kaufmann y Schmalstieg, 2003; Dunleavy et al., 2009). Las soluciones óptimas pueden no residir en un paradigma educativo sino más bien una combinación de enfoques pedagógicos (Klopfer y Squire, 2008; Dunleavy et al., 2009; Rasimah et al., 2011; Tarng & Ou, 2012).

La literatura científica indica que los sistemas de RA pueden apoyar y mejorar distintos enfoques pedagógicos (Shelton, 2002; Johnson et al., 2010). Algunas de las pedagogías que la realidad aumentada puede apoyar incluyen el aprendizaje constructivista (Chen y Tsai, 2012; Wojciechowski y Cellary, 2013), el aprendizaje situado (Dede, 2009; Chen y Tsai, 2012), el aprendizaje basado en juegos (Dunleavy et al., 2009) y el aprendizaje basado en la indagación. (Johnson et al., 2010).

1.2.2.3. La RA desde el enfoque pedagógico constructivista: Aprendizaje basado en diseño

El desafío para los educadores es aprovechar el potencial de la RA de manera que contribuya al crecimiento de los estudiantes, y eso significa apoyar el desarrollo de las capacidades de pensamiento de orden superior como son el análisis, la evaluación y la creación (Brower et al., 2014). Un modo de que los alumnos desarrollen esas capacidades es hacer que los estudiantes se conviertan en diseñadores de la realidad aumentada. El Aprendizaje Basado en el Diseño (ABD) se ha propuesto como uno de los enfoques que puede hacer que el aprendizaje de las ciencias sea más atractivo y relevante para los estudiantes (Kim, Suh y Song, 2015) y se basa en el paradigma pedagógico construccionista. Dentro de los tres grandes enfoques pedagógicos, el constructivismo asume que los aprendices no deben ser considerados como meros receptores de información. Por el contrario, los alumnos deben crear significado activamente asumiendo el papel de exploradores para lograr sus objetivos (Siemens, 2005).

El enfoque del ABD tiene como objetivo ayudar a los estudiantes a construir la comprensión científica y las habilidades de resolución de problemas del mundo real al involucrarlos en el diseño de artefactos (Fortus et al., 2004). Se ha demostrado que aprender diseñando mejora los resultados de los estudiantes. Varios investigadores han señalado las ventajas del ABD como un medio para aumentar la motivación de los estudiantes, desarrollar habilidades cognitivas de orden superior y fomentar rasgos personales e interpersonales (Doppelt, 2003; Marulcu y Barnett, 2013). Diseñar, en definitiva, es un gran catalizador del aprendizaje, puesto que involucra a los estudiantes en el proceso de diseño, aprendiendo a identificar las necesidades, enmarcar problemas, trabajar de forma colaborativa y a explorar e identificar las dependencias contextuales (Davis et al., 1997). Además, fomenta la creatividad de los alumnos, ayudando al desarrollo del proceso crítico involucrado en la generación de nuevas ideas (Esquivel, 1995). Cuando los estudiantes tienen la oportunidad de idear de manera creativa algo que se ajusta a sus necesidades y resuelven un problema, ganan autoestima y un mayor sentido de responsabilidad por su aprendizaje (Waks, 1995; Beetham y Sharpe, 2013). Este tipo de exploración y descubrimiento ayuda a promover los comportamientos autorregulados de los estudiantes (Neber y Schommer-Aikins, 2002).

Con el fin de facilitar el ABD exitoso, Neville (2010) propone que los docentes deben tener un conocimiento profundo del área temática y la capacidad de fomentar un ambiente de aprendizaje colaborativo de producción. También es clave el deseo y la capacidad de seleccionar entre una amplia gama de enfoques pedagógicos para permitir que el aprendizaje de los estudiantes cambie de formas experimentales a formas más conceptuales y analíticas. Neville sugiere que la provisión de tiempo dedicado para el aprendizaje profesional y la disposición de los maestros para participar en los avances de la investigación y el nuevo conocimiento también son elementos críticos para el éxito.

El objetivo de este trabajo es elaborar una propuesta práctica, detallada a continuación, que permita a los alumnos desarrollar los contenidos de la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO correspondientes al bloque 3 “Ecología y Medio Ambiente” (DF 24/2015 de 22 de abril por el que se establece el currículo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad Foral de Navarra) mediante el aprendizaje basado en el diseño de un entorno interactivo en realidad aumentada.

2. PROPUESTA PRÁCTICA

La propuesta ha sido diseñada para un aula de 4º ESO de entre 16-25 alumnos, sin necesidades educativas especiales. Es necesario que en aplicación de la Resolución 582/2018, de 27 de agosto y la Resolución 965/2018, de 21 de diciembre, los alumnos dispongan de un *chromebook* y acceso a internet, aunque en su defecto, la presencia de un aula de informática en el centro podría ser suficiente para desarrollar la propuesta.

2.1. SELECCIÓN DE SOFTWARE

Para seleccionar el Software que se utilizaría en el aula se han estudiado distintas herramientas que posibilitan el aprendizaje basado en diseño: *Unity*, *Roar* y *Cospace*. En concreto se ha analizado el potencial, los requerimientos y el precio de cada uno de estos softwares (Tabla 5)

SOFTWARE	POTENCIAL	REQUERIMIENTOS	PRECIO
<i>UNITY</i>	Es una herramienta con un inmenso potencial. Permite crear todo tipo de contenidos, animaciones, interacciones y texturas que pueden llegar a asemejarse a la realidad. Es la herramienta usada para la creación de multitud de videojuegos.	Programación: Se necesitan conocimientos avanzados de programación para diseñar un entorno de RA con interacciones entre los objetos 3D. Imágenes 3D: Los elementos 3D pueden crearse en <i>Unity</i> o cargarse desde bibliotecas externas.	Gratuita
<i>ROAR</i>	Se trata de una herramienta para no-programadores lo que la vuelve muy accesible, pero limita mucho las posibilidades que ofrece para crear entornos interactivos.	Programación: No es necesario tener ningún conocimiento de programación. Imágenes 3D: Los modelos 3D solo pueden cargarse desde bibliotecas externas.	Versión gratuita 155€
<i>COSPACE</i>	Software específicamente creado para su uso en educación. Permite asignar a cada alumno un espacio en el que diseñar un entorno de RA o agrupar a los alumnos en un único espacio para realizar trabajos colaborativos. Es una herramienta sencilla y muy manejable, por lo que es apropiada para introducirla en el aula, pero	Programación: Usa un sistema propio (<i>CoBlocks</i>) muy intuitivo que permite generar interacciones entre los elementos con conocimientos básicos de programación y sin necesidad de aprender un complejo lenguaje específico. Imágenes 3D: Tiene un catálogo interno de objetos 3D con animaciones. También pueden crearse elementos 3D desde la aplicación, pero	Versión gratuita Entre 75-180\$/año

	ello también limita su capacidad para crear entornos realistas.	únicamente usando figuras geométricas o cargarse desde bibliotecas externas.	
--	---	--	--

Tabla 5. Comparación de los Software *Unity*, *Roar* y *Cospace* **FUENTE:** elaboración propia

Teniendo en cuenta las características de cada herramienta, finalmente se optó por *Cospace* debido a la facilidad con la que es posible aprender su sistema de programación, aunque eso limite en cierta medida los posibles productos finales.

2.2. CARACTERÍSTICAS DE COSPACE

Cospace es un Software pensado específicamente para el diseño en un contexto educativo. Es una tecnología educativa muy intuitiva que permite a los estudiantes y profesores construir fácilmente sus propias creaciones en 3D, animarlas mediante la programación y explorarlas en realidad virtual o aumentada. Permite asignar espacios a los alumnos en los que desarrollar sus diseños o agruparlos en un mismo espacio para fomentar el trabajo colaborativo. En definitiva, su principal objetivo es capacitar a los alumnos para que se conviertan en creadores, mejorando las habilidades digitales, potenciando la creatividad y fomentando la colaboración en el aula.

Dentro del menú principal de *Cospace* los alumnos podrán encontrar sus espacios para diseñar, ya sean individuales o grupales, y una galería en la que se agrupan los diseños realizados por otros usuarios en cuatro apartados: STEM, Ciencias sociales, Lengua y literatura y *Makerspace*.

A la hora de comenzar a diseñar un espacio, los alumnos deberán optar entre dos tipos de interfaz: Espacio RA/RV y Espacio del cubo *Merge*. La selección de este espacio abrirá una interfaz en la que podrán comenzar a diseñar en RA. Las diferencias entre estos dos espacios son las siguientes:

Espacio RA/RV: Es el espacio básico de diseño de realidad aumentada y realidad virtual (Figura 4). En él encontramos una cuadrícula sobre la que desarrollar nuestro diseño y una cámara que representa la perspectiva desde la que se visualizará el producto en RA. Permite a los alumnos seleccionar objetos 3D dentro de un catálogo, construir modelos propios usando figuras geométricas, importar modelos 3D, imágenes, videos y textos externos o cargar ambientes para mejorar la experiencia de RV. Todos estos elementos pueden ser codificados o programados mediante el sistema *Coblocks* para lograr que interactúen entre ellos en muy diversas formas.

Espacio del cubo MERGE: Los comandos y posibilidades que ofrece el programa son las mismas que en el “Espacio RA/RV”. Lo único que varía de la interfaz es que en medio de la cuadrícula, donde es posible diseñar, aparece un gran cubo negro con patrones. En este tipo de espacio se busca que el alumno realice los diseños alrededor de este cubo aprovechando sus 6 caras. No es necesario ajustarse a la forma geométrica del cubo, sino que es posible excederlo o diseñar en su interior. Posteriormente, para que pueda ser visualizado en RA, el usuario necesita un cubo idéntico al que aparece en la interfaz para que pueda ser detectado por la cámara del dispositivo. El cubo *Merge* puede comprarse o fabricarse fácilmente imprimiendo una plantilla y creando nuestro propio cubo (Anexo I).

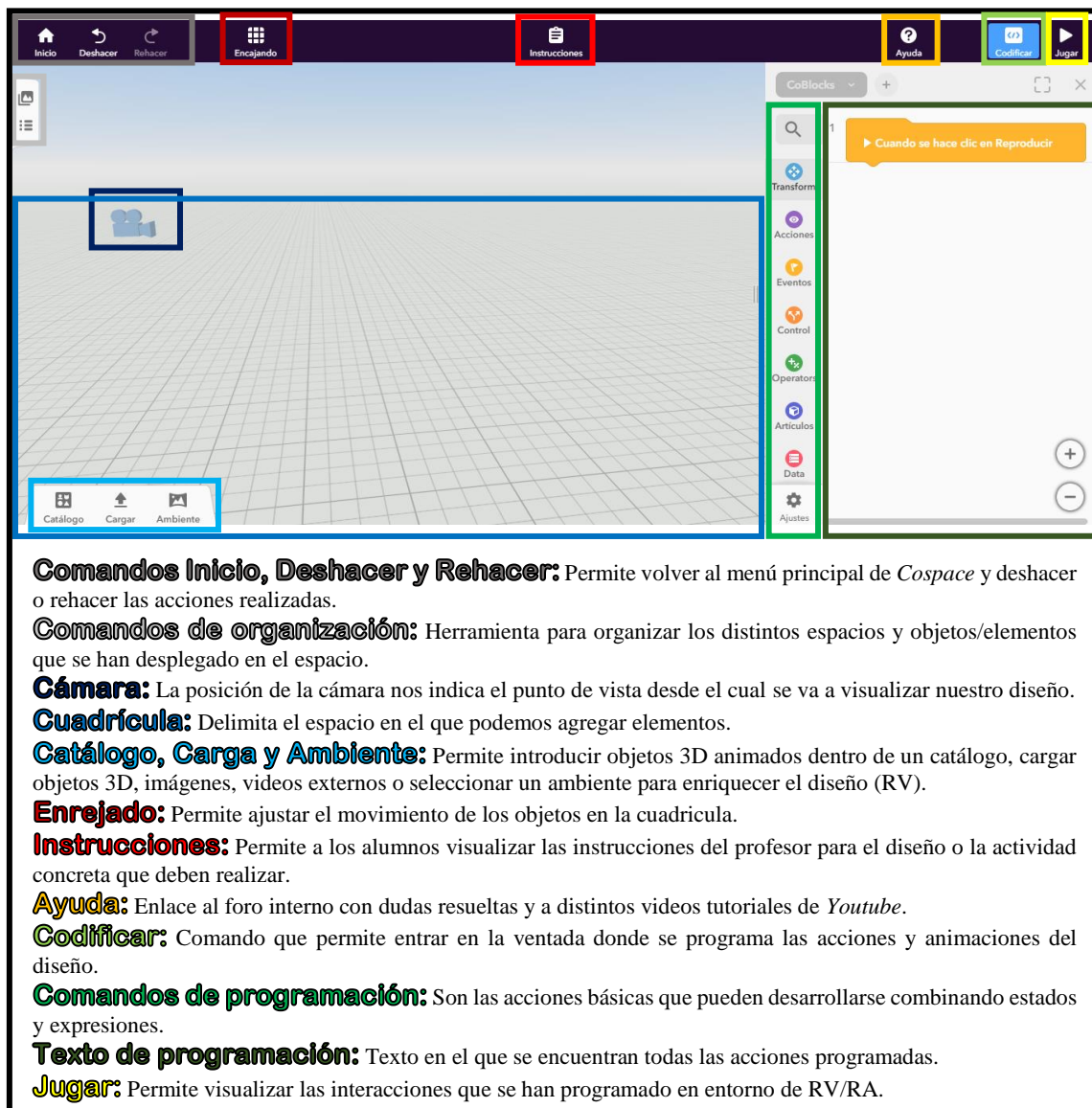


Figura 4. Interfaz de diseño *Cospace* para Espacio RA/RV

En lo referente al sistema de programación que usa *Cospace*, podemos afirmar que es un sistema muy intuitivo que utiliza patrones de colores y formas para realizar la codificación de las interacciones que queremos lograr entre los elementos del diseño. Este sistema de programación por bloques llamado *Coblock* está formado por dos tipos de bloques: los bloques de estado y los bloques de expresiones (Figura 5).

Bloques de estados: De forma rectangular. Ejecutan acciones de transición, movimiento, colisión, eventos de entrada o control.

Bloques de expresiones: Con bordes redondeados. Contienen valores que deben ser introducidos dentro de los bloques de estado para delimitar la acción que se desea ejecutar. Suelen ser valores numéricos, colores u otros elementos del diseño.

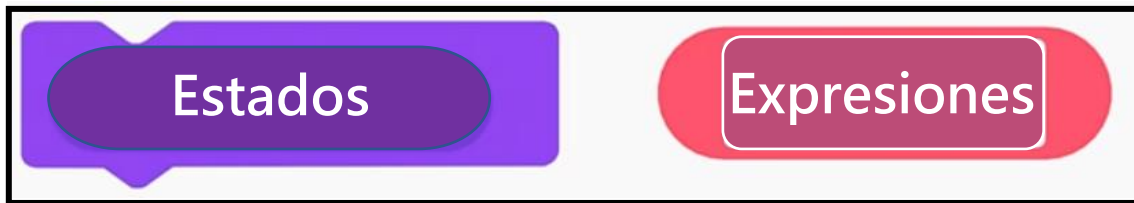


Figura 5. Tipos de bloques del sistema *Coblock*

Las combinaciones de estos bloques dan lugar a infinidad de posibles interacciones entre los elementos del diseño, sin necesidad de tener grandes conocimientos de programación (Figura 6). Es por ello que la dificultad de realizar un buen diseño radica en la creatividad del alumno para dotar de coherencia a las interacciones que se ejecutan.

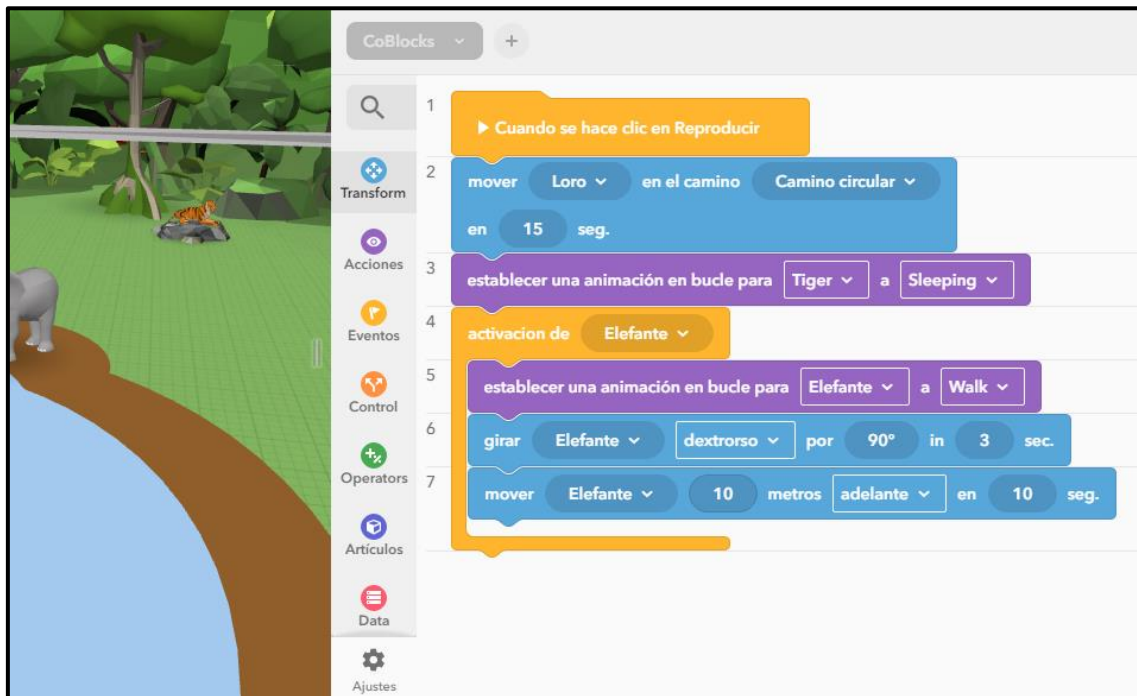


Figura 6. Líneas de código de *Cospace*

2.2.1. Contingencias de la RA en el aula

Uno de los principales problemas con el que podemos toparnos al introducir la realidad aumentada de *Cospace* en el aula es la necesidad de tener dispositivos compatibles con la RA para poder visualizarla. En el caso de que o los *Chomebooks* del centro no sean compatibles o directamente no se disponga de esta tecnología se tomarán las siguientes medidas:

- 1) Promover la creación del diseño mediante los espacios del cubo *Merge*. La utilización de este objeto físico hace que no sea necesario tener dispositivos compatibles con RA puesto que cualquier smartphone o tableta actual, aunque sea de bajas prestaciones, permite la visualización. Sin embargo, los equipos siempre tendrán la última decisión sobre la elección del tipo de espacio que usarán en sus diseños.
- 2) En el caso de que el equipo elija diseñar un espacio de RA/RV, el docente facilitará un único dispositivo compatible para poder presentar los diseños en RA. Ese dispositivo se conectaría a la pantalla o proyector del aula mediante un cable HDMI lo que permitiría que todo el alumnado pueda visualizar el diseño en RA.

2.3. GUIA DIDÁCTICA

Esta propuesta está pensada para desarrollar el Bloque 3 “Ecología y Medio Ambiente” de 4º de ESO de la asignatura de Biología y Geología. Se trata de un bloque trimestral que normalmente se imparte en el tercer trimestre. Basándome en el calendario escolar de 2018-2019, la asignatura de Biología y Geología a lo largo del curso dispone de unas 95 horas lectivas aproximadamente, de las cuales, unas 30 corresponden al tercer trimestre.

Como propuesta sugiero desarrollar y aplicar los contenidos de esta guía didáctica en 18 sesiones (de 50 minutos efectivos) para trabajarlos en un total de 15 horas lectivas, a las que habría que sumar el trabajo que los alumnos pudieran realizar fuera del centro (Figura 7).

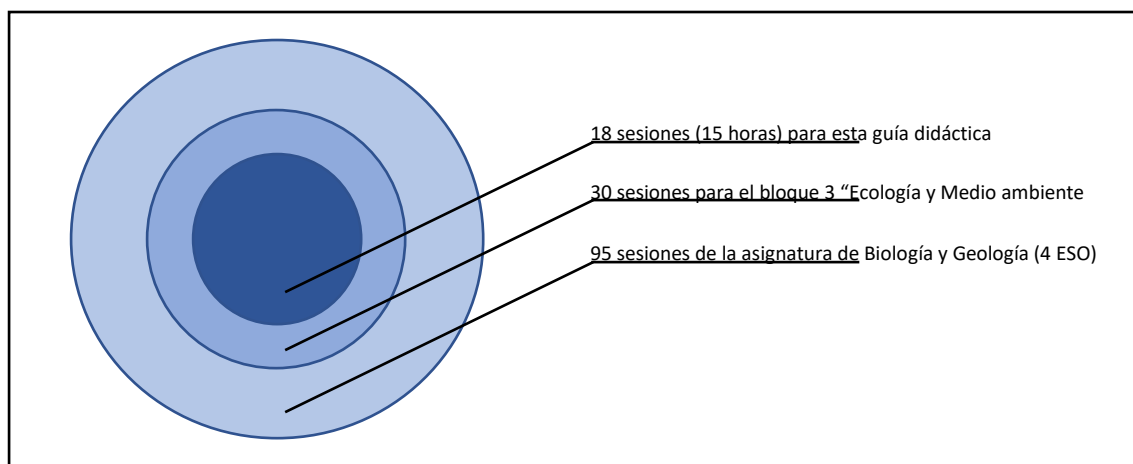


Figura 7. Reparto de horas de la asignatura Biología y Geología, el Bloque 3, y la guía didáctica

En el proceso de aprendizaje los alumnos pasarán por distintas fases de organización. Estas fases, ordenarán de forma estructurada las 18 sesiones, en las que se repartirán las actividades por paquetes de trabajo. Las fases estarán compuestas por una fase previa, en la que adquirirán los conocimientos técnicos necesarios en el manejo de *Cospace* y las fases inicial, desarrollo y final donde elaborarán el producto final.

2.3.1. Producto final: Diseño de un ecosistema interactivo en RA

El producto final de esta propuesta será el diseño y posterior exposición de un ecosistema en RA creado de forma cooperativa en *Cospace*, donde se abordan diferentes temáticas, especificadas en los paquetes de trabajo y sus respectivas preguntas guía. Hablamos en plural de preguntas guía porque se dividirá el bloque de Ecología y Medio ambiente en cuatro temas distintos, los cuales tendrán una pregunta guía cada uno. Los alumnos formarán equipos en torno a estos cuatro temas, y para facilitar el reparto de tareas dentro de cada grupo, se subdividirán los temas en otros cuatro apartados. El tamaño ideal de cada grupo será, por tanto, de cuatro integrantes (un apartado para cada alumno), aunque se podrán tomar medidas para adecuar el número real de alumnos a los grupos propuestos (ver punto 2.3.5.).

Una vez creada la animación en torno al tópico asignado, cada equipo deberá resolver de forma grupal las consecuencias que pudiera tener un evento catastrófico o perturbación en el

funcionamiento del ecosistema. Las principales preguntas guía, los temas, los apartados y los eventos serán los siguientes:

ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE			
TEMA	PREGUNTA	APARTADO	EVENTO
CICLO BIOGEOQUÍMICO	<i>¿Cómo circulan los nutrientes por la litosfera, atmósfera, hidrosfera y biosfera y qué procesos sufren?</i>	Carbono (C), Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Azufre (S)	EUTROFIZACIÓN
REDES TRÓFICAS	<i>¿Cómo circula la materia y la energía en los ecosistemas?</i>	Red herbívora, Red de suelo, Descomposición y Flujo de energía	CONTROL DE REDES TRÓFICAS
DINÁMICA Y EVOLUCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS:	<i>¿Cómo evolucionan los ecosistemas a lo largo del tiempo?</i>	Formación del suelo, Modelos de sucesión, Sucesión secundaria y Regímenes de estabilidad/perturbación	INCENDIO
FACTORES QUE LIMITAN LA ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE ORGANISMOS	<i>¿Cómo operan los factores que limitan la abundancia y distribución de organismos?</i>	Patrones de distribución, Condiciones ambientales, Competencia intraespecífica y Competencia interespecífica	CARRETERA

Tabla 6. Preguntas guía, apartados y eventos de cada equipo

2.3.2. Competencias que cubre la propuesta

Mediante las actividades que contempla esta propuesta práctica se pretenden desarrollar las siguientes competencias:

- 1) COMPETENCIA DIGITAL:** Los alumnos aprenderán los conocimientos técnicos necesarios para crear un entorno en realidad aumentada y mediante el trabajo autónomo de los equipos, realizarán un proyecto final utilizando la herramienta *Cospace*.
- 2) COMPETENCIAS BÁSICAS EN CIENCIAS:** El proyecto final desarrollará las competencias básicas de ciencias a través de los contenidos del bloque de Ecología y Medio ambiente de la asignatura Biología y Geología. Los alumnos serán los encargados de realizar la búsqueda de información y el procesamiento de la misma para responder a las cuestiones de un planteamiento motor que les llevará a estudiar y analizar distintos procesos ecológicos.
- 3) COMPETENCIA COMUNICATIVA:** El proyecto final será expuesto por los grupos al resto de sus compañeros, por lo que deberán demostrar ciertas habilidades comunicativas. Teniendo en cuenta que los temas a tratar por cada grupo serán distintos, este aspecto cobra especial relevancia, puesto que la información que reciban el resto del aula sobre un tema concreto estará condicionado por el planteamiento comunicativo del equipo en cuestión.
- 4) APRENDER A APRENDER:** A lo largo de las actividades propuestas en esta guía los alumnos deberán reflexionar sobre su propio proceso de aprendizaje desarrollando aspectos de la metacognición.

2.3.3. Planteamiento motor, resultados de aprendizaje y criterios de evaluación de cada equipo

Cada equipo recibirá un planteamiento motor con los requerimientos necesarios para el desarrollo del tema que les sea asignado. A continuación, se muestran los planteamientos motores de cada equipo y los resultados de aprendizaje y criterios de evaluación de cada uno de ellos (Tabla 7).

CICLO BIOGEOQUÍMICO

¿Cómo circulan los nutrientes por la litosfera, atmósfera, hidrosfera y biosfera y qué procesos sufren?

Los ciclos biogeoquímicos son el conjunto de procesos que aseguran el reciclado de los distintos elementos en la biosfera. Entre ellos se encuentran el *Carbono (C)*, el *Nitrógeno (N)*, el *Fósforo (P)* y el *Azufre (S)* como algunos de los nutrientes más importantes que garantizan el desarrollo de la vida en la tierra.

Diseña un ecosistema interactivo de Realidad Aumentada que represente los ciclos de los elementos anteriormente citados. Este ecosistema debe incluir una representación de los cuatro entornos (tierra, agua, aire, vida) y debe responder a las siguientes preguntas:

Ciclo del Carbono: *¿Cuál es el recorrido que puede hacer una molécula de CO_2 disuelto en una masa de agua pasando por la biosfera, atmósfera y la litosfera hasta volver a la hidrosfera? ¿Qué procesos sufre?*

¿Cómo puede alterar la actividad humana el ciclo del carbono?

Ciclo del Nitrógeno: *¿Cuál es el recorrido que puede hacer una molécula de nitrato (NO_3^-) que se encuentra dentro de una planta pasando por la atmósfera, la litosfera y la hidrosfera hasta volver de nuevo a la planta? ¿Qué procesos sufre?*

¿Cómo puede alterar la actividad humana el ciclo del nitrógeno?

Ciclo del Fósforo: *¿Cuál es el recorrido que puede hacer una molécula de fosfato (PO_4^{3-}) que forma parte de una roca de la litosfera pasando por la biosfera y la hidrosfera hasta volver a formar una roca fosfatada? ¿Qué procesos sufre?*

¿Cómo puede alterar la actividad humana el ciclo del fósforo?

Ciclo del Azufre: *¿Cuál es el recorrido que puede hacer una molécula de ácido sulfhídrico (H_2S) en el suelo pasando por la atmósfera, la biosfera y la litosfera hasta volver al suelo? ¿Qué procesos sufre?*

¿Cómo puede alterar la actividad humana el ciclo del azufre?

La escasez de nutrientes puede ser un factor limitante para el desarrollo de la vida, sin embargo, un aporte excesivo, por el uso de detergentes y abonos, pueden causar un impacto devastador en el medio acuático. Representad este proceso llamado **EUTROFIZACIÓN**, sus posibles causas y las consecuencias que puede tener en el medio.

REDES TRÓFICAS

¿Cómo circula la materia y la energía en los ecosistemas?

Las redes tróficas son las secuencias de relaciones por las que la energía y la materia circulan en los ecosistemas. Están formadas por los productores primarios y los productores secundarios (consumidores y descomponedores).

Desarrolla un escenario interactivo de Realidad Aumentada que represente un ecosistema con una red trófica compleja en la que habiten organismos de distintos tipos (productores primarios, herbívoros, carnívoros, omnívoros y detritívoros). Este ecosistema debe incluir una red cuya circulación suceda por encima del suelo (Red herbívora) y una red cuya circulación ocurra por dentro del suelo (Red del suelo). El diseño debe responder a las siguientes preguntas:

Red de pastoreo: *¿Cómo circula la materia desde los productores al consumidor final en tu red trófica?*

¿Cómo funciona el proceso por el cual los productores primarios transforman la materia inorgánica en orgánica?

¿Cuáles son las diferentes fases por las que pasa el alimento adquirido por los consumidores hasta convertirse en producción secundaria?

Palabras clave: *Fotosíntesis (~~Fase luminosa y oscura~~)*

Red del suelo: *¿Cómo circula la materia que llega en forma de desechos orgánicos a través de la red trófica del suelo? ¿Qué organismos participan en ella?*

¿Por qué es importante la red detritívora para el desarrollo de la vía herbívora?

Palabras clave: *Mesofauna.*

Descomposición: *¿Qué procesos sufre la rama caída de un árbol de tu ecosistema hasta volver a convertirse en nutrientes que vuelvan a ser absorbidos por las raíces del mismo árbol? ¿Qué organismos participan?*

¿Cómo se forma el humus del suelo y por qué es importante?

Palabras clave: *Mineralización rápida y mineralización lenta.*

Flujo de energía: *¿Cómo circula la energía a lo largo de las redes tróficas? ¿En qué forma?*

¿Con qué eficiencia se mueve la energía de un nivel a otro? ¿Es igual para todos los organismos?

Palabras clave: *1ª ley de la termodinámica, ley del 10%, biomasa (energía), eficiencia fotosintética y eficiencia ecológica.*

Debéis representar el **CONTROL DE REDES TRÓFICAS** recreando dos eventos que alteren la red trófica inicial y explicando cómo se ven alteradas por ellos: el primero relacionado con un cambio fisicoquímico de las características del suelo y el otro relacionado con el cambio en las interacciones depredador presa.

Palabras clave: *Cascadas tróficas, top-down y bottom-up.*

DINÁMICA Y EVOLUCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS

¿Cómo evolucionan los ecosistemas a lo largo del tiempo?

Los ecosistemas son sistemas dinámicos que evolucionan a lo largo del tiempo para dar lugar a comunidades más o menos estables.

Desarrolla un escenario interactivo de Realidad Aumentada que represente la evolución en el tiempo de una isla volcánica de nueva formación bajo un clima mediterráneo. La isla debe tener un lago interno y tendrás que representar los siguientes procesos que sufrirá a lo largo del tiempo, dejando claro cuál es la escala temporal de cada uno de ellos:

En primer lugar, debes representar los posibles procesos que han llevado a la formación del suelo, en sus primeros estadios, respondiendo a las siguientes cuestiones.

Formación del suelo: *¿Cuál es la sucesión de procesos que han dado como resultado la formación del suelo de la isla? ¿Qué factores (físicoquímicos y abióticos) participan?*

¿Cuáles son las características de los primeros organismos que han colonizado tu isla y cómo han llegado hasta ahí?

Palabras clave: *Propágulos, vector, especies de selección r*

A medida que pasa el tiempo, representa la posible sucesión de especies que pueda darse hasta llegar al momento en el que aparecen las que se denominan como especies tardías. Para explicar esta sucesión, deberás utilizar los distintos modelos (facilitación, inhibición y tolerancia), representándolos de la manera que consideres oportuna: en distintos puntos de la isla de forma simultánea o en distintas fases. Crea un relato que justifique el modo en el que has decidido representarlo.

Modelos de sucesión: *¿Cómo funciona cada modelo de sucesión?*

¿Cuáles son las características de los organismos que han llegado los últimos a la isla y cómo han llegado hasta ahí?

Palabras clave: *Propágulos, vector y especies de selección K*

El lago interno de la isla se ha ido colmatado de forma paulatina, dejando un espacio para la sucesión secundaria. Diseña el entorno para explicar estos procesos.

Sucesión secundaria: *¿Cómo sucede el proceso de colmatación?*

¿Cómo se desarrollará el proceso de sucesión en este punto de la isla?

A pesar de que, muchas veces, los ecosistemas evolucionados nos parezcan sistemas invariables, normalmente, suelen estar condicionados por regímenes de perturbaciones. Siguiendo con el diseño, representa cómo evolucionaría el ecosistema en un régimen de estabilidad y en uno de perturbaciones frecuentes.

Regímenes de estabilidad/perturbación: *¿Cómo responden los ecosistemas a los cambios?*

¿Cómo afectan los regímenes de estabilidad/perturbación a la evolución de los ecosistemas?

Palabras clave: *Resistencia, resiliencia, climax e hipótesis de perturbación intermedia*

Un gran **INCENDIO** ha arrasado con toda la vegetación de la isla. Establece cómo crees que podría evolucionar la isla, teniendo en cuenta las características climáticas y de las especies representadas, y si crees que volvería bajo cualquier circunstancia al mismo estado anterior diseñando ejemplos para ello.

Palabras clave: *Hipótesis monoclímax, hipótesis policlímax, pirofitismo y banco de semillas.*

FACTORES QUE LIMITAN LA ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE ORGANISMOS

¿Cómo operan los factores que limitan la abundancia y distribución de organismos?

La abundancia y distribución de los organismos en los ecosistemas está regulada por multitud de factores.

Desarrolla un ecosistema interactivo de RA que tenga poblaciones de animales y vegetales con abundancias y distribuciones diferentes que permita explicar los conceptos descritos debajo.

Los organismos se distribuyen en el espacio siguiendo ciertos patrones (regular, agregada, aleatoria). Explica estos patrones poniendo como ejemplo tres poblaciones de tu ecosistema.

Patrones de distribución: *¿Cuáles son las características de cada patrón?*

¿Por qué se distribuyen de ese modo los organismos de tu diseño?

Palabras clave: *Efecto grupo y efecto masa*

Uno de los factores que determinan la abundancia de los organismos son las condiciones ambientales. Selecciona un factor ambiental que tenga un gradiente a lo largo de tu ecosistema y representa cómo puede regular la abundancia y distribución de una población vegetal de tu diseño.

Condiciones ambientales: *¿Cómo afecta a las funciones vitales (crecimiento y reproducción) de los organismos los cambios en los factores ambientales?*

¿Cómo regulan la distribución de organismos las condiciones ambientales?

Palabras clave: *Ley de tolerancia, factor limitante y valores óptimos*

Cuando las condiciones ambientales son favorables los organismos crecen y se reproducen aumentando las poblaciones, pero este aumento puede ser sostenido hasta un punto. Representa poniendo como ejemplo una población de tu ecosistema el modo en el que la competencia intraespecífica regula la abundancia de esa población.

Competencia intraespecífica: *¿Hasta qué punto puede ser sostenido el aumento de una población?*

¿Cómo regula la competencia intraespecífica la abundancia de organismos de una especie?

Palabras clave: *Capacidad de campo K*

La competencia por los recursos no solo se limita a los organismos de la misma especie. Para representar la competencia interespecífica introduce una población de otra especie que compita por los mismos recursos.

Competencia interespecífica: *¿Qué es el nicho fundamental y el nicho efectivo?*

¿Cuál es la posible evolución de las poblaciones de ambas especies?

Palabras clave: *Coexistencia, equilibrio y desplazamiento/extinción*

La diversidad genética de las poblaciones es uno de los factores relacionados con la abundancia y distribución de organismos. En el ecosistema que has diseñado se ha construido una **CARRETERA** que lo divide en dos. Determina cómo afecta la construcción de esta infraestructura y por qué la diversidad genética es importante para la evolución de las poblaciones.

Palabras clave: *Cuello de botella, adaptación, fragmentación de hábitat.*

GRUPO	RESULTADOS DE APRENDIZAJE	CRÍTERIOS DE EVALUACIÓN
CICLO BIOGEOQUÍMICO	Desarrolla un modelo que predice la posible evolución de los átomos de Carbono, Nitrógeno, Fosforo y Azufre en el ecosistema.	<ul style="list-style-type: none"> -Se han identificado los distintos entornos (biosfera, hidrosfera, atmosfera y litosfera) por los que pueden pasar los nutrientes a lo largo de su ciclo. -Se han analizado distintos mecanismos por los que se da el intercambio entre los entornos. -Se han distinguido los diferentes estados de oxidación de las moléculas. -Se ha determinado la importancia de los organismos dentro de la transformación de los nutrientes.
	Relaciona las actividades humanas con alteraciones del ciclo de nutrientes	<ul style="list-style-type: none"> -Se ha identificado las principales actividades humana que afectan al ciclo de nutrientes. -Se han citado posibles consecuencias de estas alteraciones.
	Establece una serie de relaciones causa-efecto entre el aporte de nutrientes y las consecuencias de la eutrofización	<ul style="list-style-type: none"> -Se han valorado posibles causas del aporte de nutrientes al medio acuático. -Se ha identificado cuáles son los principales nutrientes responsables de la eutrofización -Se ha relacionado el aporte de nutrientes con el aumento de los productores primarios. -Se ha relacionado el aumento de productores con el aumento de consumidores. -Se ha relacionado la descomposición de los consumidores con el agotamiento del oxígeno del medio.
REDES TRÓFICAS	Diseña una red trófica compleja	<ul style="list-style-type: none"> -Se ha desarrollado una red compleja con organismos de distintos tipos. -Se han establecido las interacciones depredador-presa entre los distintos niveles. -Se han identificado las características de los organismos que forman cada nivel trófico. -Se ha desarrollado la red trófica con organismos que habitan el suelo. -Se ha relacionado la red del suelo con la red herbívora.
	Desarrolla un modelo que analiza los procesos que operan en el ciclo de nutrientes y el flujo de energía	<ul style="list-style-type: none"> -Se han representado los principales aspectos de la fotosíntesis. -Se han identificado los procesos que sufre la materia hasta convertirse en producción secundaria.

DINÁMICA Y EVOLUCIÓN DE ECOSISTEMAS		<ul style="list-style-type: none"> -Se han analizado los distintos procesos que sufren los desechos orgánicos en el suelo. -Se han comparado los procesos de mineralización rápida y lenta. -Se ha identificado la importancia de los descomponedores en el ciclado de nutrientes -Se ha representado el flujo de energía. -Se ha analizado la forma en la que la energía disponible disminuye de un nivel trófico a otro. -Se han comparado distintas eficiencias energéticas.
	Construye hipótesis que predicen cambios en las redes tróficas	<ul style="list-style-type: none"> -Se han formulado hipótesis que explican posibles alteraciones de la red trófica. -Se han analizado relaciones de causa-efecto entre cambios de los factores fisicoquímicos y el control de redes. -Se han analizado relaciones de causa-efecto entre cambios en las interacciones depredador-presa y el control de redes.
	Desarrolla un modelo que determina la evolución de un ecosistema desde su primer estadio	<ul style="list-style-type: none"> -Se ha representado una sucesión de procesos que han contribuido a la formación del suelo. -Se han identificado los factores (bióticos y abióticos) que determinan la formación del suelo. -Se han citado posibles mecanismos de dispersión de las especies. -Se ha representado de forma coherente la posible sucesión de especies, teniendo en cuenta las características climáticas. -Se han comparado las características de las especies pioneras y las especies tardías. -Se ha determinado la escala temporal de los procesos.
	Construye un relato que posibilita explicar los distintos modelos de sucesión	<ul style="list-style-type: none"> -Se ha justificado de forma coherente el relato. -Se han analizado las características principales de los distintos modelos de sucesión.
	Representa el proceso de sucesión secundaria tras la colmatación del lago	<ul style="list-style-type: none"> -Se ha identificado la colmatación como una perturbación en el medio que inicia un proceso de sucesión secundaria. -Se ha representado el proceso de colmatación identificando sus causas.

FACTORES QUE LIMITAN LA ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE ORGANISMOS	Valora las diferencias que provocan en el ecosistema los distintos regímenes de estabilidad/perturbación	<ul style="list-style-type: none"> -Se han comparado los conceptos de resistencia y resiliencia. -Se ha relacionado la ausencia de perturbaciones con la representación clásica del <i>climax</i>. -Se ha relacionado las perturbaciones frecuentes con cambios continuos en la composición específica. -Se han analizado las causas que llevan a que un nivel de perturbación intermedio conlleve una mayor diversidad específica.
	Analiza la idea de <i>climax</i> mediante las hipótesis de <i>monoclimax</i> y la hipótesis de <i>policlimax</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Se han comparado ambas hipótesis. -Se ha formado una opinión fundamentada acerca de qué hipótesis cree que explicaría mejor el desarrollo de su ecosistema.
	Establece relaciones de causa-efecto entre las condiciones del medio o el comportamiento de los organismos y los patrones de distribución	<ul style="list-style-type: none"> -Se han comparado las características de los distintos patrones de distribución. -Se han identificado las causas que llevan a desarrollar ese patrón. -Se han comparado los conceptos de efecto masa y efecto grupo.
	Construye un modelo que explica la abundancia y distribución de los organismos a lo largo de un gradiente ambiental	<ul style="list-style-type: none"> -Se ha seleccionado la condición ambiental de forma coherente. -Se han identificado los límites de tolerancia y los valores óptimos (en el espacio) de un factor determinado para una especie concreta. -Se han representado franjas de supervivencia y de grados de crecimiento distintos a lo largo del gradiente.
	Reconoce distintas relaciones inter e intraespecíficas y su influencia en la regulación de los ecosistemas	<ul style="list-style-type: none"> -Se ha relacionado la competencia por los recursos con la regulación de las poblaciones. -Se ha determinado la capacidad de campo de una población. -Se han comparado los conceptos de nicho efectivo y nicho fundamental. -Se ha justificado de forma coherente el resultado de la competencia interespecífica. -Se han evaluado las distintas opciones (coexistencia, equilibrio y desplazamiento) de la competencia interespecífica.
	Analiza las consecuencias de la fragmentación del hábitat	<ul style="list-style-type: none"> -Se han identificado posibles consecuencias de la fragmentación del hábitat sobre las poblaciones. -Se ha relacionado la biodiversidad con la capacidad de adaptación.

Tabla 7. Resultados de aprendizaje y criterios de evaluación de cada equipo.

2.3.4. Materiales auxiliares

Para desarrollar las capacidades de metacognición del alumnado, cada uno de ellos recibirá un diario de aprendizaje individual y, cada grupo, un cuaderno de equipo. Los documentos se repartirán mediante la plataforma *Google Drive* para que el profesor pueda revisarlos en cualquier momento del proceso de aprendizaje.

2.3.4.1. Diario de aprendizaje individual

El diario de aprendizaje (Anexo II) es un registro personal de las experiencias del estudiante a lo largo del proceso de aprendizaje. Este documento no debe ser solo un simple resumen de las actividades desarrolladas, sino que debe recoger cuestiones críticas y problemas que hayan aparecido a lo largo del proyecto, la reacción del estudiante a ideas y descubrimientos que haya realizado, o reflexiones sobre la conexión entre proyectos y fenómenos observables en su día a día.

Su uso contribuye de forma significativa al desarrollo de la autonomía y de la capacidad metacognitiva del alumnado mediante los procesos de autoobservación, autocrítica y autoevaluación. El docente podrá utilizar el diario como fuente de información sobre estos procesos y obtener información sobre las necesidades de aprendizaje de los alumnos, las dificultades y problemas encontrados, los logros en el aprendizaje o el funcionamiento de la clase en cuanto a su organización.

Al finalizar cada sesión o actividad, deberán dedicar unos minutos a redactar y anotar la información sobre lo que han aprendido, intereses, dudas y dificultades que se han encontrado y cómo las ha resuelto.

2.3.4.2. Cuaderno de equipo

El cuaderno de equipo (Anexo III) es el instrumento del que dispondrán los alumnos para organizarse dentro de los grupos. Entre los integrantes del grupo deberán elegir un secretario que será el enlace del equipo con el profesor y le mantendrá informado ante cualquier incidencia. En el documento se pautarán las diferentes actuaciones que realizan durante el proyecto, se consensuarán las normas de funcionamiento y se indicará las tareas que desarrollará cada alumno. Constan los siguientes aspectos:

- El nombre del equipo y una imagen o logo que los identifique.
- La relación de los miembros que componen el equipo y el nombre del alumno que ostente el cargo de secretario.
- Contrato de equipo en el que firman su compromiso.
- Las normas de funcionamiento consensuadas por el equipo y que cada miembro se comprometa a cumplir y hacer cumplir.
- Apartado dentro del tema asignado a cada miembro.
- El plan de trabajo individual de las actividades llevadas a cabo en cada apartado.

- El plan de trabajo grupal, que recoge las actividades del proyecto, así como, el reparto de tareas que deben realizar cada miembro en la fase de desarrollo.
- El miembro que ejerce el rol de secretario ha de hacer constar que han hecho, las dificultades encontradas, una valoración de la actividad.
- Al finalizar el proyecto se hará una reflexión, de las fortalezas, las debilidades del trabajo realizado.
- La coevaluación para que cada miembro evalúe el trabajo de equipo.

2.3.5. Contingencias con el número real de alumnos en el aula

En principio, teniendo en cuenta lo planteado hasta ahora, esta propuesta sólo podría aplicarse a un aula formada por 16 alumnos (4 equipos de 4 alumnos). Sin embargo, en la realidad podremos encontrar aulas de muy diversos tamaños, en especial en asignaturas como Biología y Geología de 4º ESO, que son materias troncales de opción. Para poder ajustar las actividades de esta guía al tamaño real de las aulas se propone, en caso de ser necesario, tomar las siguientes medidas:

- 1) **Aumentar el número de equipos.** Se podría formar un quinto grupo, dividiendo el equipo de redes tróficas para formar un grupo centrado en el medio terrestre y otro grupo en el medio marino. Las características propias de las redes tróficas en el medio acuático son suficientemente relevantes como para justificar la división de estos grupos.
- 2) **Aumentar el número de integrantes en cada equipo.** En el planteamiento actual cada equipo tendría cuatro apartados y un evento. Si tomamos el evento como si fuera un apartado más, se podría aumentar el número de integrantes por equipo hasta 5 alumnos.

Tomando estas medidas se podría extender esta propuesta a aulas de hasta 25 alumnos (5 equipos de 5 alumnos).

2.3.6. Resumen de las fases y paquetes de trabajo

La fase previa constará de un único paquete de trabajo denominado “Introducción al diseño en Realidad Aumentada” y tratará de proporcionar los conocimientos técnicos necesarios para el desarrollo del resto de actividades (Tabla 8). A lo largo de 5 sesiones los alumnos deberán familiarizarse con la herramienta *Cospace*, aprendiendo las posibilidades que nos brinda para el diseño de un entorno interactivo. Las actividades de las primeras 4 sesiones estarán guiadas por el docente, en las cuales se introducirá la herramienta *Cospace* y se mostrarán sus características básicas, se enseñará cómo poder introducir elementos externos de bibliotecas 3D y se aprenderá a programar mediante el sistema *Coblock*. La actividad final de este paquete será la elaboración de un entorno de realidad aumentada, propio e individual, en el que los alumnos vuelquen los conocimientos adquiridos. En esta fase se hará la entrega del diario de aprendizaje para poder empezar a elaborarlo.

FASE	PAQUETES DE TRABAJO	ACTIVIDADES
PREVIA	<i>Introducción al diseño en RA</i> (5 sesiones) S1, S2, S3, S4, S5	-Entrega de documentos: Diario de aprendizaje -Introducción a <i>Cospace</i> -Bibliotecas 3D -Aprender a programar -Diseñar un entorno en RA

Tabla 8. Paquetes de trabajo y actividades de la fase previa.

En la fase de inicial (Tabla 9), se presentará el proyecto que deben llevar a cabo los alumnos, con un paquete de trabajo titulado “Organizando el proyecto”, en el que se organizarán y planificarán los equipos, se establecerán las normas, se asignará un apartado a cada alumno del equipo y se abrirán los documentos cuaderno de equipo y el planteamiento motor.

Esta fase también abarca todas las actividades que deban realizar los equipos antes de empezar a diseñar. Dentro del paquete de trabajo “Investigación” cada alumno tendrá que hacer una reflexión previa para determinar qué es lo que se les pide, buscar la información necesaria para comprender los procesos de la tarea que les corresponde y procesar esa información para poder aplicarla al ejercicio concreto que deban realizar. Como actividad final cada integrante deberá hacer a modo de boceto, un mapa conceptual o un dibujo de cómo se podría representar su apartado en *Cospace*.

En el paquete de trabajo “Puesta en común” los alumnos expondrán al resto de los integrantes del equipo la información recopilada en la investigación, presentarán el boceto que han diseñado y recibirán las aportaciones de sus compañeros. Posteriormente, deberán definir las características principales del diseño para que pueda incluir toda la información necesaria para explicar el tema en su conjunto y tendrán que repartir las tareas que van a realizar cada uno en el siguiente paquete de trabajo.

FASE	PAQUETES DE TRABAJO	ACTIVIDADES
INICIAL	<i>Organizando el proyecto</i> (1 sesión) S6	-Presentación del proyecto -Agrupamiento, creación de cuatro equipos de trabajo -Entrega de documentos: Cuaderno de equipo y planteamiento motor -Establecimiento de normas y compromisos -Reparto de apartados de cada tema
	<i>Investigación</i> (2 sesiones) S7, S8	-Reflexión -Búsqueda de información -Procesamiento de la información -Elaboración del boceto
	<i>Puesta en común</i> (1 sesión) S9, S10	-Puesta en común de la información obtenida -Exposición de los bocetos elaborados -Recogida de aportaciones -Toma de decisiones

Tabla 9. Paquetes de trabajo y actividades de la fase inicial.

En la fase de desarrollo tendrán dos paquetes de trabajo (Tabla 10). En el primero, llamado “diseño” los equipos tendrán que diseñar el entorno y las interacciones del escenario RA y deberán resolver el evento y sus consecuencias. Al finalizar este bloque entregarán el diseño, que será corregido por el profesor y dispondrán de dos sesiones más para corregir y mejorar sus diseños dentro del paquete de trabajo “Mejorando el escenario RA”. Al finalizar esta fase, se considerará que los equipos habrán terminado sus diseños y entregarán el producto final al docente.

FASE	PAQUETES DE TRABAJO	ACTIVIDADES
DESARROLLO	<i>Diseño</i> (2 sesiones) S11, S12, S13	-Reparto de tareas -Diseño del entorno -Diseño de las interacciones -Resolución del evento -Entrega del diseño
	<i>Mejorando el escenario RA</i> (2 sesiones) S14, S15	-Corrección de los errores detectados por el docente -Finalización y entrega del producto final

Tabla 10. Paquetes de trabajo y actividades de la fase de desarrollo.

En la fase final (Tabla 11) los equipos expondrán sus diseños al resto de sus compañeros, presentando dos equipos por sesión. La preparación de las presentaciones se hará en horario no lectivo y al comienzo de la primera sesión de las exposiciones cada equipo entregará un guion resumiendo cómo ha de reproducirse el diseño. El objetivo de este guion es facilitar que cualquiera de sus compañeros de clase pueda explorar el trabajo realizado por cada equipo de manera autónoma. También se realizará la coevaluación de las presentaciones (entre equipos), la coevaluación de los procesos de trabajo de los equipos (dentro de cada grupo), la autoevaluación y la reflexión y valoración final del proyecto.

En una última sesión se hará una prueba tipo test para evaluar el grado de conocimiento de la materia con preguntas equilibradas de los cuatro temas tratados. Para preparar el examen tendrán a su disposición desde la primera sesión de las presentaciones los diseños de los cuatro equipos y los guiones que resumen cómo deben ser reproducidos.

FASE	PAQUETES DE TRABAJO	ACTIVIDADES
FINAL	<i>Presentación y evaluación</i> (2 sesiones) S16, S17	-Presentación del proyecto -Coevaluación (entre equipos) -Coevaluación (dentro del equipo) y autoevaluación - Reflexión y valoración del proyecto
	<i>Prueba externa</i> (1 sesión) S18	-Prueba escrita

Tabla 11. Paquetes de trabajo y actividades de la fase final.

2.3.6.1 Cronograma

Las cuatro fases, con un total de 18 sesiones, se organizarán para ser impartidas en 8 semanas. Para que el docente pueda realizar las correcciones con el tiempo y la dedicación necesarias se tratará de que coincidan las vacaciones de semana santa entre los paquetes de trabajo “Diseño” y “Mejorando el proyecto” (Figura 8).

	Día/sesión 50 min	Día/sesión 50 min	Día/sesión 50 min
Semana 1	Sesión 1 FASE PREVIA <i>Introducción al diseño en RA</i>	Sesión 2 FASE PREVIA <i>Introducción al diseño en RA</i>	Sesión 3 FASE PREVIA <i>Introducción al diseño en RA</i>
Semana 2	Sesión 4 FASE PREVIA <i>Introducción al diseño en RA</i>	Sesión 5 FASE PREVIA <i>Introducción al diseño en RA</i>	Sesión 6 FASE INICIAL <i>Organizando el proyecto</i>
Semana 3	Sesión 7 FASE INICIAL <i>Investigación</i>	Sesión 8 FASE INICIAL <i>Investigación</i>	Sesión 9 FASE INICIAL <i>Puesta en común</i>
Semana 4	Sesión 10 FASE INICIAL <i>Puesta en común</i>	Sesión 11 FASE DESARROLLO <i>Diseño</i>	Sesión 12 FASE DESARROLLO <i>Diseño</i>
Semana 5	Sesión 13 FASE DESARROLLO <i>Diseño</i>		
Semana 6			
Semana 7		Sesión 14 FASE DESARROLLO <i>Mejorando el escenario RA</i>	Sesión 15 FASE DESARROLLO <i>Mejorando el escenario RA</i>
Semana 8	Sesión 16 FASE FINAL <i>Presentación y evaluación</i>	Sesión 17 FASE FINAL <i>Presentación y evaluación</i>	Sesión 18 FASE FINAL <i>Prueba externa</i>

Figura 8. Cronograma de la propuesta

2.3.7. FASE PREVIA

2.3.7.1. Introducción al diseño en RA

El paquete de trabajo se divide en 5 sesiones en las que se aprenderán el funcionamiento de la herramienta *Cospace*, desde sus comandos básicos a su sistema de programación. Las cuatro primeras sesiones (Introducción a *Cospace*, Bibliotecas 3D, Aprendiendo a programar: *Coblock* I y Aprendiendo a programar: *Coblock* II) se desarrollarán mediante clases magistrales, en las que el alumno aprenderá las características y posibilidades de la herramienta *Cospace* y de su sistema de programación. La última sesión estará destinada a que cada alumno desarrolle un entorno de RA en 3D, en el cual vuelque los conocimientos adquiridos a lo largo de esta actividad. Todas las actividades de este paquete de trabajo serán individuales.

Objetivos

- Familiarizarse con las posibilidades que ofrece *Cospace*.
- Aprender nociones básicas de programación.
- Diseñar un escenario 3D animado que pueda visualizarse en RA/RV.

Materiales

- Chromebook y acceso a Internet o sala de ordenadores.
- Cuenta personal de cada alumno en *Cospace* con 5 espacios, uno para cada sesión.
- PDF *Mergecube* (Anexo I) y cartulina.
- Documento: Diario de aprendizaje.

Diseño de sesiones

Sesión 1. Introducción a *Cospace*

Lo primero que se hará en esta sesión será entregar mediante *Google drive* el diario de aprendizaje a cada alumno, y se hará una breve exposición sobre cómo debe ser utilizado. Una vez hechas estas explicaciones, los alumnos comenzarán a familiarizarse con los comandos básicos de *Cospaces*. En primer lugar, dentro del apartado galería, se les enseñará alguno de los diseños desarrollados por otros usuarios para que puedan ver cuáles son las posibilidades que la herramienta nos ofrece. Después, podrán explorar cómo se organiza el espacio personal que se ha creado para los alumnos y entrarán en uno de los diseños vacíos. En este punto se les explicará la diferencia que existe entre crear espacios de RA/RV y crear espacios del cubo *Merge* y se les proporcionará la plantilla impresa del cubo de *Merge* y una cartulina para que puedan construir el cubo en casa. Dentro del espacio de diseño (espacio de RA/RV), se realizará una breve explicación de los distintos elementos y comandos que aparecen en la interfaz (Figura 3) y

comenzarán o colocar objetos 3D del catálogo de *Cospace* (una persona y un león) en la cuadrícula. Aprenderán a posicionar las imágenes, rotarlas, escalarlas, cambiarles el color y agregarles una animación. Por otro lado, la herramienta ofrece la posibilidad de construir modelos 3D propios usando figuras geométricas. Los alumnos deberán construir una caseta ajustando el tamaño de los objetos geométricos para construir paredes techos y arcos y se les enseñará, una vez terminado, a adjuntarlos como una sola imagen para que puedan ser desplazados por el espacio de una forma más cómoda.

Posteriormente, y como final de la sesión, dentro del comando de programación se les enseñará cómo crear una sencilla interacción: La persona le dice “hola” al león, éste ruge y empieza a correr hacía la persona que huyen metiéndose en la caseta.

Sesión 2. Bibliotecas 3D

Uno de los aspectos importantes para tratar de hacer un diseño lo más completo posible es aprender a buscar e importar imágenes y modelos 3D de otras bibliotecas. El catálogo que nos ofrece la herramienta es bastante limitado y es posible que necesitemos, de cara a elaborar diseños que sean capaces de explicar procesos ecológicos complejos, otros elementos 3D externos. Para ello se informará al alumno de cuáles son las bibliotecas de modelos 3D a las que pueden recurrir y sus principales características:

Google Poly: Biblioteca de objetos 3D de *Google*. Dentro del catálogo de *Cospace* es posible buscar imágenes de *Google Poly*. Sin embargo, las búsquedas que ofrece no son completas, sino que enlaza únicamente los resultados principales, por lo que, buscar directamente en la biblioteca nos dará acceso a más imágenes 3D. Son modelos gratuitos formados por bloques, es decir, de poco realismo, y en la mayoría de los casos no están animados. Gracias a esta simplicidad son fácilmente importables y no generan problemas dentro de *Cospace*.

Turbosquid: Es una biblioteca de imágenes profesionales de gran calidad. La mayoría son de pago, aunque es posible filtrar los resultados para mostrar solo las opciones gratuitas. Debemos tener en cuenta que el realismo de los objetos de esta biblioteca implica que esos archivos sean muy pesados y esto hace que la mayoría no sean compatibles con *Cospace*, debido a que solo permite importar imágenes que pesen menos de 50MB. Sin embargo, podremos cargar los elementos pequeños de gran realismo que pueden mejorar sustancialmente nuestros diseños. Las imágenes son generalmente estáticas.

Sketchfab: Se sitúa en un punto intermedio entre *Google Poly* y *Turbosquid*. Tiene imágenes de distinta calidad, desde modelos realistas a simples bloques, siendo algunas de pago, aunque la selección de objetos gratuitos es muy amplia. Además, permite filtrar los resultados para encontrar modelos ya animados.

Free3D: Biblioteca de imágenes 3D gratuitas. La calidad de las imágenes es superior a las del catálogo de *Cospace* aunque no son tan pesadas como para que importarlas suponga un problema. La mayoría de los elementos son estáticos.

Una vez conocidas las distintas bibliotecas deberán explorar cada una de ellas y seleccionar tres imágenes para importarlas a su espacio. Tendrán que tener en cuenta tanto los formatos compatibles con *Cospace* como que el peso de las imágenes sea inferior a 50MB.

Sesión 3. Aprender a programar: *Coblock I*

Dominar la programación es, sin duda, el elemento fundamental para lograr darle coherencia a las interacciones que codifiquemos. La programación mediante el sistema *Coblock* se trabajará en el aula en dos sesiones. En la primera de ellas, se abordarán los conceptos y acciones básicas de la programación de este sistema: mover, posicionar, rotar, escalar, crear eventos de entrada y contacto entre objetos. También aprenderán a crear caminos de todo tipo, rectos, curvos, circulares y rectangular para generar patrones de movimiento genuinos y conocerán las distintas formas de introducir imágenes y videos en el momento oportuno que nos ofrece *Cospace*. El hilo conductor de la sesión será el de representar la migración de una mariposa.

Sesión 4. Aprender a programar: *Coblock II*

Siguiendo el diseño de la sesión anterior, iremos añadiendo otros elementos a nuestro entorno para dotarlo de una mayor complejidad. Estos elementos serán un rebaño de ovejas, un lobo, una tormenta y una carretera por la que circulan un coche y un camión. Para dar una coherencia a los movimientos y lograr que no sean una simple sucesión, sino que los movimientos de los distintos elementos estén sincronizados, los alumnos deberán dominar las variables y comandos de listas y funciones. También aprenderán a dar características físicas a los objetos, como peso o elasticidad para crear eventos de colisión entre ellos y se enseñarán los métodos más adecuados para organizar el texto de programación de cara a facilitar futuros cambios en la codificación.

Sesión 5. Diseña un entorno de RA

En la última sesión los alumnos deberán diseñar un entorno de realidad aumentada y volcar en él los conocimientos adquiridos en las sesiones anteriores. Tendrán que crear un breve relato sobre cualquier tema que elijan, en el que una serie de sucesos llevará a un desenlace. Los alumnos tendrán un plazo de una semana para acabar el diseño (en casa, biblioteca... cualquier lugar con acceso a internet) y entregarlo al profesor, junto con el resto de los espacios creados a lo largo del paquete de actividades, y un breve texto explicativo sobre cómo debe ser reproducida su historia. Los requerimientos mínimos sobre diseño y programación serán los siguientes:

Diseño: Un elemento animado del catálogo, un elemento importado de una biblioteca externa, un elemento creado en *Cospace* con bloques geométricos y un archivo de imagen.

Programación: Tres comandos básicos (mover, posicionar, rotar, escalar, crear eventos de entrada y contacto entre objetos), una lista y una función.

2.3.8. FASE INICIAL

2.3.8.1. Organizando el proyecto

El paquete de trabajo se divide en una única sesión en la que se organizarán los aspectos fundamentales del proyecto.

Objetivos

- Introducir el proyecto a los alumnos.
- Implicar a los alumnos en el establecimiento de normas y compromisos que determinen el funcionamiento del equipo.

Materiales

- Chromebook y acceso a Internet o sala de ordenadores.
- Documento: Cuaderno de equipo.
- Planteamiento motor.

Secuencia de sesiones

Sesión 6. Organizando el proyecto

Presentación del proyecto: En primer lugar, se hará la introducción al proyecto. Se explicará a los alumnos que serán ellos, a través del diseño en RA, los que desarrollen los contenidos del bloque “Ecología y Medio ambiente” divididos en cuatro equipos.

Agrupamiento, creación de cuatro equipos de trabajo: La creación de los equipos correrá a cargo del docente y se basará en el conocimiento previo que tenga de los alumnos, adquirido mediante la experiencia y la observación. Tendrá en cuenta los siguientes factores para formar los equipos:

- Valorar las posibles afinidades e incompatibilidades entre compañeros.
- Mezclar de forma equilibrada a chicos y chicas.
- Procurar que el equipo que se cree represente en la medida de lo posible al grupo en su conjunto.

Previo a la sesión el profesor clasificará los alumnos en base a las aptitudes y disposición para el trabajo en grupo, formando tres categorías:

- 1) Alumnos capaces de ayudar a los demás
- 2) Alumnos que necesitan la ayuda de los demás
- 3) El resto de la clase.

Se tratará que cada equipo esté formado por un alumno del primer grupo, otro alumno del segundo grupo y dos alumnos del tercer grupo.

Entrega de documentos: Cuaderno de equipo y planteamiento motor: Una vez agrupados en equipos se les entregará el cuaderno de equipo y el planteamiento motor vía *Google Drive*.

Establecimiento de normas y compromisos: Los miembros de cada equipo deberán redactar un documento consensuado, dentro del cuaderno de equipo, que recoja los compromisos a los que han llegado. Indicarán el método (preferencia, azar...) por el que repartirán entre los miembros del equipo los cuatro apartados de su tema de estudio y elegirán al miembro que asumirá el rol de secretario.

También, tendrán que pactar las normas de funcionamiento del equipo, redactando las acciones que se deben llevar a cabo en el caso de su no cumplimiento. Estas normas, les ayudarán y guiarán en su proceso de aprendizaje, en la toma de decisiones, en la resolución de conflictos y en la responsabilidad del trabajo. Tienen que enunciar en positivo y ser pocas para que puedan ser abordables, claras y concisas. Además, tienen que poder ser revisadas y modificadas en cualquier momento o fase del proyecto.

Reparto de apartados de cada tema: Los apartados de cada tema serán repartidos en base a los criterios que cada equipo haya definido en el documento de establecimiento de normas y compromisos del cuaderno de equipo.

2.3.8.2. Investigación

Este paquete de trabajo se llevará a cabo en dos sesiones en las cuales cada alumno dentro de su equipo deberá buscar la información necesaria para resolver las cuestiones relativas al apartado que se le ha asignado y tendrá que elaborar una propuesta a modo de boceto sobre cómo representarlo.

Objetivos

- Realizar la búsqueda, selección y procesamiento de la información.
- Favorecer el trabajo autónomo.

Materiales

- Chromebook y acceso a Internet o sala de ordenadores.
- Documento: Diario de aprendizaje.
- Documento: Cuaderno de equipo.
- Planteamiento motor.

Secuencia de sesiones

Sesión 7. Documentación

Reflexión. Antes de empezar a buscar información cada alumno deberá realizar una reflexión personal que respondan a las siguientes cuestiones: ¿Qué es lo que tiene que conseguir?, ¿Qué sabe del tema?, ¿Qué necesita saber? y ¿Cómo puede saberlo?

Búsqueda de la información. La búsqueda será online a través de los dispositivos de los que esté dotado el centro, ya sean *Chromebooks* o aula de ordenadores. La única información de la que dispondrá para ello el alumno es la ficha que se le entregue a cada grupo con el planteamiento motor. En esta actividad el alumno deberá recopilar toda la información que considere oportuna para comprender los contenidos y procesos que incluyen el apartado que le ha sido asignado dentro del tema.

Sesión 8. Aplicación de la información

Procesamiento de la información. Cada alumno deberá procesar la información recopilada en la sesión anterior para ajustarla a los requerimientos del planteamiento motor. Es decir, deberá seleccionar cuales son los conocimientos que debe utilizar para poder resolver el ejercicio concreto de su apartado.

Elaboración del boceto. Con la información procesada y teniendo claras las posibilidades que ofrece la herramienta *Cospace*, cada alumno deberá idear el modo en el que pueden representar en RA su apartado. El boceto, puede ser un dibujo, un esquema o un mapa conceptual en el cual, tendrán que plasmar que contenidos son necesarios integrar en el diseño, que elementos u objetos deben incorporarse y que interacciones deben generar y como llevarlas a cabo en *Cospace*. La fecha límite para entregar el boceto, tanto al profesor como al resto de los miembros del equipo será el inicio de la siguiente sesión.

2.3.8.3. Puesta en común

La “Puesta en común” será el último paquete de trabajo antes de que los equipos empiecen a diseñar en *Cospace* el entorno de RA. Es el paso intermedio entre el trabajo de investigación individual de los miembros del equipo y el diseño del entorno. Las actividades de este paquete tratarán de poner en común lo hecho hasta ahora por cada integrante del grupo para, con una visión en conjunto, definir las características principales que deba tener el diseño.

Objetivos

- Poner en común la información referente a cada uno de los apartados.
- Mejorar entre todos las propuestas de sus compañeros.
- Definir las características principales del futuro diseño.

Materiales

- Chromebook y acceso a Internet o sala de ordenadores.
- Documento: Diario de aprendizaje

- Documento: Cuaderno de equipo.
- Planteamiento motor.

Secuencia de sesiones

Sesión 9. Presentación de bocetos

Puesta en común de la información obtenida: En primer lugar, los alumnos reunidos en sus equipos deberán uno a uno explicar el trabajo realizado hasta el momento. Cada uno pondrá en común la información que hayan obtenido sobre los contenidos y procesos del apartado específico que se les ha asignado.

Exposición de los bocetos elaborados: Una vez que todos los integrantes hayan recibido la información del resto de sus compañeros, presentarán, mediante el boceto, la propuesta de cómo creen que podría ser representado su apartado en la herramienta *Cospace*.

Recogida de aportaciones: Por último, se hará otra ronda en el que el resto de compañeros realizará las aportaciones que considere oportunas de cara a mejorar las propuestas de cómo representar los apartados: elementos que faltan o sobran, interacciones que pueden ser mejor representadas etc.

Sesión 10. Toma de decisiones

En esta última sesión de la fase, los equipos, una vez conocida toda la información, deberán definir cómo integrar todos los apartados en un único entorno, cuáles deben ser las características generales del diseño y qué tipo de espacio es más adecuado para ello (espacio RA/RA o espacio cubo *Merge*).

2.3.9. FASE DE DESARROLLO

2.3.9.1. Diseño

Dentro de este paquete de trabajo los alumnos recibirán un nuevo espacio en *Cospace* compartido por los integrantes del grupo donde podrán realizar su diseño a lo largo de tres sesiones. Al finalizar la última sesión, deberán entregar el diseño para que el docente pueda corregirlo.

Objetivos

- Planificar las tareas.
- Desarrollar el diseño de forma cooperativa.
- Resolver las consecuencias del evento.

Materiales

- Chromebook y acceso a Internet o sala de ordenadores.
- Cuenta compartida por los integrantes del grupo en *Cospace*.
- Documento: Diario de aprendizaje.
- Documento: Cuaderno de equipo.
- Planteamiento motor.

Secuencia de sesiones

Sesión 11, Sesión 12 y Sesión 13: Diseño

Reparto de tareas: Lo primero que tendrá que hacer cada equipo en la primera sesión será un listado de las tareas que deben realizar. Se definirá las actividades que abarca cada tarea y cómo se van a repartir dentro del grupo, dejando constancia de ello en el cuaderno de equipo. Por lo tanto, la planificación de las sesiones de este paquete de trabajo correrá, exclusivamente, a cargo de los equipos.

Diseño: Dentro de las actividades de diseño, tendrán que seguir el planteamiento motor para construir el entorno de RA que les ayude a explicar el tema de su equipo. Ayudándose en todo el trabajo previo realizado hasta el momento, tendrán que diseñar el entorno base de su escenario, introducir objetos externos de bibliotecas 3D, descargar imágenes que apoyen sus explicaciones, crear texto para presentar cada apartado, programar las interacciones y documentarse y resolver el evento de su equipo. Al finalizar las sesiones deberán entregar el trabajo realizado al profesor para que éste pueda corregir posibles errores del mismo.

2.3.9.2. Mejorando el escenario RA

Antes del inicio de la próxima sesión el profesor corregirá los diseños de los equipos, teniendo en cuenta los resultados de aprendizaje y los criterios de evaluación definidos en el punto 2.3.3.

Objetivos

- Mejorar el producto final de cada equipo.

Materiales

- Chromebook y acceso a Internet o sala de ordenadores.
- Cuenta compartida por los integrantes del grupo en *Cospace*.
- Documento: Correcciones.
- Documento: Diario de aprendizaje.
- Documento: Cuaderno de equipo.
- Planteamiento motor.

Secuencia de sesiones

Sesión 14 y Sesión 15. Corrección de errores.

Corrección de errores: Los equipos recibirán un documento con las correcciones propuestas por el profesor. El docente deberá asegurarse que los diseños cumplen los resultados de aprendizaje y criterios de evaluación fijados de antemano, aunque también podrá corregir otros aspectos como fallos en la programación o mejoras estéticas del diseño. Los equipos dispondrán de dos sesiones para introducir esas correcciones y mejorar el producto final. En caso de terminar las correcciones antes de acabar las dos sesiones destinadas a mejorar el escenario de RA, los equipos podrán usar ese tiempo para preparar la exposición del tema.

Finalización y entrega del producto final: Al finalizar esta fase todos los equipos entregarán el producto final y se dará por terminado el proyecto.

2.3.10. FASE FINAL

2.3.10.1. *Presentación y evaluación*

En esta última fase los equipos tendrán que exponer al resto de sus compañeros el tema que han desarrollado utilizando el diseño en RA. La preparación de las exposiciones se hará antes de comenzar la siguiente sesión, en horas no lectivas, y al comienzo de la primera sesión de las exposiciones cada equipo entregará un guion resumiendo cómo ha de reproducirse el diseño. El objetivo de este guion es facilitar que cualquiera de sus compañeros de clase pueda explorar el trabajo realizado por cada equipo de manera autónoma.

Objetivos

- Exponer al resto de compañeros.
- Evaluar el trabajo de otros equipos y el propio.

Materiales

- Producto final de cada equipo.
- Tablet compatible con la realidad aumentada y cable HDMI.
- Cubo de *Merge* (si es necesario).
- Documentos: Evaluación

Secuencia de sesiones

Sesión 16 y 17. Presentación y evaluación

Presentación: La exposición de los temas de cada equipo se hará en dos sesiones, presentando dos grupos por sesión. Para garantizar que todos los alumnos dominen el tema más allá del apartado que le ha sido asignado, se seleccionará de manera aleatoria que alumno expondrá cada apartado. Cada presentación tendrá una duración aproximada de 15 minutos de exposición y 5 minutos para responder preguntas.

Evaluación: Los últimos 10 minutos de cada sesión servirán para que los equipos hagan la evaluación de los ponentes en esa sesión. Al finalizar este paquete de trabajo, cada equipo hará la evaluación de su grupo y la autoevaluación. También tendrán que hacer una reflexión y una valoración final de su proyecto.

2.3.10.2. Prueba externa

Se realizará una prueba externa para comprobar que los alumnos no solo han adquirido conocimientos sobre su tema de estudios, sino que mediante la escucha activa de las exposiciones han llegado a comprender los procesos estudiados por el resto de los equipos. Para ayudar a la preparación de esta prueba dispondrán desde la primera sesión de las presentaciones los diseños de cada equipo y el guion que resume cómo deben ser reproducidos.

Objetivos

- Evaluar la transferencia de conocimientos entre grupos.

Materiales

- Examen tipo test

Secuencia de sesiones

Sesión 18. Prueba externa.

La prueba externa consistirá en un examen tipo test que evalúe los conocimientos sobre ecosistemas y medio ambiente adquiridos. Las preguntas estarán repartidas de forma equitativa entre los 4 temas desarrollados por los alumnos.

2.3.11. Evaluación

En el proceso de evaluación se tendrá en cuenta la adquisición de las principales competencias desarrolladas:

- 1) Competencia Digital (CD)
- 2) Competencias Básicas en Ciencias (CBC)
- 3) Competencia Comunicativa (CC)
- 4) Aprender a Aprender (AA)

En este proceso participarán tanto el docente, con un peso en la calificación final de 65%, como los propios alumnos, mediante la autoevaluación y la coevaluación. La autoevaluación y la coevaluación, con un peso en la calificación final del 35%, son procesos fundamentales para que los alumnos tomen conciencia de su punto de partida, de su evolución a lo largo del proyecto y del resultado de su aprendizaje. En este sentido, la tarea del docente consistirá en facilitar las herramientas adecuadas para que los estudiantes se puedan autoevaluar eficazmente. La observación diaria y el *feedback* completarán el proceso de evaluación del alumnado.

Los aspectos destacados que se evaluarán son los conocimientos técnicos adquiridos en la fase previa, el proceso del aprendizaje durante el proyecto, el producto final y la prueba externa (Tabla 12).

PREVIA: El docente evaluará los conocimientos técnicos adquiridos en la fase previa mediante la rúbrica de la actividad “Introducción al diseño en RA”. Este apartado tendrá un peso del 10%.

PROCESO: El proceso de aprendizaje durante la elaboración del proyecto tendrá un peso de un 20% y se evaluarán los siguientes aspectos.

Diario de aprendizaje: La evaluación del diario de aprendizaje tendrá un peso del 10%. El 5% corresponde a la autoevaluación del alumno mediante una lista de verificación y el 5% restante lo evaluará el docente. En cualquier momento el profesor podrá pedir el diario de aprendizaje y revisarlo.

Cuaderno de equipo: Con un peso del 10% sobre la nota final, la evaluación a través de una escala de rangos será una coevaluación y dependerá de los miembros que componen cada uno de los cuatro equipos.

PRODUCTO: El producto final tendrá un peso de un 45% y se evaluarán los siguientes aspectos:

Diseño: Mediante una rúbrica el docente evaluará los distintos aspectos del diseño. Tendrá un peso del 30% sobre la nota final.

Exposición: La exposición del producto final con un peso del 15% es una coevaluación entre equipos. La evaluación se realizará a través de una escala de rangos.

PRUEBA EXTERNA: Consistirá en un examen tipo test con un peso sobre la nota final del 15%. Las preguntas estarán repartidas de forma equitativa entre los distintos temas tratados por los equipos.

EVALUACIÓN						
¿QUÉ?		¿CUÁNTO?		¿QUIÉN	¿CÓMO?	¿COMPETENCIAS?
PREVIA		Introducción al diseño en RA	15%	DOCENTE	Rubrica	CD
PROYECTO	PROCESO (20%)	Diario de aprendizaje	5%	Autoevaluación	Lista de verificación	AA
			5%	DOCENTE	Feedback	AA
		Cuaderno de equipo	10%	Coevaluación (dentro del equipos)	Escala de rangos	CD, CBC, AA
	PRODUCTO (45%)	Diseño	30%	DOCENTE	Rubrica	CD, CBC
		Exposición	15%	Coevaluación (entre equipos)	Escala de rangos	CD, CBC, CC
PRUEBA EXTERNA		Examen de contenidos	15%	DOCENTE	Prueba escrita	CBC

Tabla 12. Resumen de los aspectos fundamentales del proceso de evaluación

3. DISCUSIÓN

3.1. ¿ES FACTIBLE EL APRENDIZAJE BASADO EN DISEÑO DE LA REALIDAD AUMENTADA?

A pesar de que la integración de la realidad aumentada en la educación pueda ser vista como algo materialmente complejo, el desarrollo y expansión de la tecnología móvil unido a las mejoras de *software* de realidad aumentada, ha hecho que esta tecnología emergente pueda ser accesible para el gran público, en lugar de estar únicamente disponible para industrias y laboratorios con grandes presupuestos que puedan sufragarlo (Cabero y Barroso, 2018). El incremento del interés de los investigadores suscitado por la unión de realidad aumentada y dispositivos móviles (Nincarean et al., 2013) ha dado como resultado el aumento del catálogo de aplicaciones disponibles para el ámbito educativo (Kamphuis et al., 2014; Toledo y Sánchez, 2017).

Alguno de los ejemplos que demuestran que la realidad aumentada es ya una realidad en las aulas son los estudios de Echave, Sánchez y Serón (2016) donde se trabaja la combustión en el aula en el contexto de las prácticas de laboratorio, el trabajo de Küçük y colaboradores (2016) para el estudio de la anatomía a través de la realidad aumentada móvil o el trabajo de Kaufmann y Schmalstieg (2003) donde se imparte la geometría mediante el trabajo colaborativo.

Además, el desarrollo de programación por bloques, desde que Ricarose Roque del MIT creó en 2007 el sistema *Openblock*, facilita el acceso de usuarios no experimentados a la programación, lo que hace posible que los estudiantes diseñen entornos de RA sin la frustración de lidiar con complejos lenguajes informáticos. En la actualidad hay más de una docena de herramientas de programación basadas en la programación por bloques (Bau et al., 2017) y este tipo de aprendizaje ha sido testado con alumnos de distintos niveles (Gutiérrez, Zagalaz y López, 2015; Weintrop y Wilensky, 2017).

Un ejemplo cercano en la Comunidad Foral de Navarra es el caso del colegio Santa Teresa de Jesús, en Pamplona, donde se han llevado a la práctica experiencias de aprendizaje basado en el diseño con la herramienta *Cospace*.

3.2. ANÁLISIS DAFO DE LA PROPUESTA

El análisis DAFO es un proceso de autoevaluación que comúnmente es usado en el ámbito empresarial para desarrollar planes estratégicos (Ghemawat, 2002), aunque también puede ser usado en otros ámbitos como el educativo (Romero-Gutiérrez, Jiménez-Liso y Martínez-Chico, 2016). El término DAFO es una sigla formada por los aspectos que se evalúan mediante este procedimiento: Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades.

Para una mejor comprensión del análisis DAFO a continuación se define cada elemento:

- Las fortalezas: Son los puntos fuertes de la propuesta. Aquellos factores internos que pueden resultar en un aprendizaje significativo o innovador de los ejercicios planteados.

- Las debilidades: Son los puntos débiles de la propuesta. Aquellos factores internos que pueden llevar a la no consecución de los resultados u objetivos esperados. Al comprender las debilidades, podremos centrarnos en áreas específicas que necesitamos mejorar.
- Las oportunidades: Son los factores externos o tendencias que se traducen en condiciones que potencialmente pueden favorecer el desarrollo de la propuesta.
- Las amenazas: Son los factores externos o tendencias que se traducen en condiciones desfavorables para el desarrollo de la propuesta.

3.2.1. Fortalezas

Dentro del modelo SAMR propuesto por Puentedura (2006) de integración de las TIC, nuestra propuesta se situaría en el nivel de **redefinición**, puesto que el uso de la tecnología de RA permite la realización de resultados que previamente eran inconcebibles, como es el caso de que los alumnos puedan construir modelos interactivos para representar procesos ecológicos. De este modo, se logra la integración de la tecnología y la pedagogía para dar lugar a la innovación educativa.

En primer lugar, el hecho de que los estudiantes deban hacer diseños genuinos favorece el **aprendizaje creativo**. Según la taxonomía de Bloom en la era digital, la acción de crear corresponde al nivel más alto de desarrollo que un estudiante puede alcanzar (Churches, 2009). Este tipo de aprendizaje requiere habilidades de pensamiento cognitivo y creativo, como pensamiento divergente e imaginación (Craft, 2005). Además, favorecer el aprendizaje creativo implica permitir que los alumnos tomen responsabilidad de su propio proceso de aprendizaje, haciendo que los estudiantes no sean meros receptores de información, sino que deben asumir el papel de exploradores en la consecución de sus objetivos (Simplicio, 2000).

Otra de las fortalezas de la propuesta es que los alumnos deben **modelizar procesos**, identificando sus componentes y relaciones mutuas. La modelización de procesos es una estrategia didáctica muy potente que, partiendo de las propias construcciones de cada uno de los estudiantes, permite repensar hechos claves a través de un proceso de reconstrucción teórica que los transforme en modelos (Guevara et al., 2019). La explicitación de modelos contribuye a la comprensión de sistemas complejos (Wilensky y Reisman, 2006; Blikstein, 2012), así como al aprendizaje de valores, visiones y compromisos epistemológicos coherentes con el proceso de construcción de la ciencia y con su naturaleza (Acebo-Díaz, 2017).

A lo largo del proceso de la elaboración del diseño los alumnos deben transformar la información del formato escrito (Fase inicial) al audiovisual (Fase de desarrollo) introduciendo representaciones simbólicas que debe explicar de forma oral (Fase final) a sus compañeros. Este **enfoque multimodal** hace que los alumnos desarrollen la comprensión científica mediante el uso simultáneo de varios lenguajes. Para Hubber, Tytler y Haslam (2010) adquirir una comprensión metacognitiva implica que la enseñanza debe ayudar a los estudiantes a aprender a representar ideas de diferentes maneras y enfatizan la idea de que comprender conceptos requiere coordinar sus diferentes modos de representación.

3.2.2. Debilidades

La principal debilidad de esta propuesta es que, dentro del contexto de crisis ambiental que sufrimos, la propuesta no enlaza los conocimientos relacionados con la ecología y medio ambiente con el **enfoque ético necesario** para cimentar un cambio a largo plazo de los estudiantes, como señalan diversos autores (Bogner, 2009; Pathak, 2018).

Otro aspecto, que podría constituir una debilidad es el relacionado con la **posible sobrecarga cognitiva** de los estudiantes, encontrada en investigaciones como la de Dunleavy, Dede y Mitchell (2009). En este caso de introducción de la RA en el aula, los estudiantes informaron sentirse frecuentemente saturados y confundido con la cantidad de material y la complejidad de tareas que se les pidió que procesaran durante la simulación. Para poder encontrar indicios sobre la posible sobrecarga cognitiva en nuestra propuesta, es fundamental testarla en un entorno educativo real e introducir los cambios necesarios para evitar la saturación cognitiva de los alumnos.

En cuanto al nivel de complejidad de la tecnología involucrada en el desarrollo de sistemas de RA, Lens-Fitzgerald (2009) estableció cuatro categorías (Tabla 12) que a medida que aumentan de nivel ofrecen mayores posibilidades en sus potenciales aplicaciones.


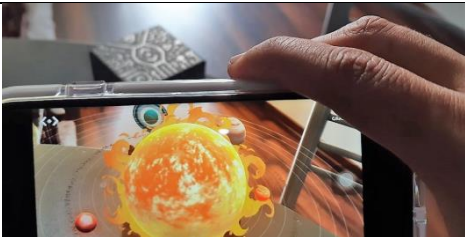


NIVELES DE RA SEGÚN LENS-FITZGERALD (2009)		
NIVEL	CARACTERÍSTICAS	EJEMPLO
0	<i>Hiperenlace el mundo físico.</i> Basado en códigos de barra, códigos QR o reconocimiento de imágenes aleatorias. Los códigos son hiperenlaces a otros contenidos, pero no existe un registro en 3D. Por ejemplo, uso de código QR para enlazar con <i>WhatsappWeb</i>	
1	<i>RA basado en marcadores.</i> El reconocimiento de patrones 2D o 3D de objetos, dispara modelos 3D. Por ejemplo, aplicación de RA disparada por cubo <i>Merge</i>	
2	<i>RA sin marcadores.</i> Mediante el hardware de los dispositivos (GPS, brújula y acelerómetro) conseguimos localizar la ubicación y la orientación y superponer información sobre los puntos de interés del mundo real. Por ejemplo, la aplicación <i>Layar</i> de <i>iPhone</i>	
3	<i>Visión aumentada.</i> Uso de monitores transparentes para lograr una experiencia inmersiva. La realidad mixta se convierte en algo más relevante, contextual y personal. Por ejemplo, <i>Google Glasses</i>	

Tabla 12. Clasificación de RA por niveles **FUENTE:** Lens-Fitzgerald (2013) y elaboración propia

Nuestra propuesta se enmarca dentro de esta clasificación, en **niveles bajos de RA** (nivel 1). Esto implica, que el producto final que desarrollen los alumnos no permitirá la interconexión entre los modelos virtuales y el mundo real, lo que limita el potencial de la propuesta (Quarles, Lampotang, Fischler, Fishwick, y Lok, 2008) Sin embargo, como el objetivo es el diseño autónomo de un entorno de RA, la tecnología disponible no hace factible, a día de hoy, que los alumnos desarrollen aplicaciones de niveles superiores.

3.2.3. Oportunidades

Entre las tendencias externas favorables para el desarrollo de esta propuesta, están los avances en la incorporación de los dispositivos móviles como las tabletas en el entorno educativo, que en el contexto Navarro se aplica en virtud de la Resolución 582/2018, de 27 de agosto.

Además, el auge y evolución de *software* ágiles de las últimas décadas (Hoda, Salleh, Grundy, 2018) y el interés comercial creciente por incorporar la RA a los dispositivos móviles (<https://mobile-ar.reality.news/news/samsung-elevates-galaxy-note-10-with-depth-camera-for-3d-scanning-augmented-reality-apps-0203007/>), hacen que las condiciones técnicas para mejorar sustancialmente la eficacia y eficiencia de la propuesta a medio plazos sean una realidad.

3.2.4. Amenazas

La principal amenaza, que afecta a la posible transferibilidad la propuesta, es la relacionada con la Competencia Digital Docente (CDD). Para Villalustre, del Moral y Neira-Piñeiro (2019) la clave para la integración exitosa de la RA en el aula radica en la cualificación didáctico-tecnológica del profesorado. En esta época marcada por la expansión tecnológica, resulta imprescindible la formación del profesorado en competencia digital con el objetivo de dar respuesta a las inquietudes y necesidades del alumnado. Los procesos formativos del docente adquieren gran relevancia para el desarrollo de las destrezas requeridas frente a la utilización de nuevas tecnologías emergentes como la RA. El estudio de Cabrera, Cruz y Sánchez (2019) concluyó que dentro de las 5 áreas de la CDD (Información y Alfabetización informacional, Comunicación y Colaboración, Creación de Contenido Digital, Seguridad y Resolución de problemas) los docentes no poseen las destrezas suficientes requeridas en alguna de las áreas de la CDD, como se da específicamente en el caso de la creación de contenidos digitales, siendo la más deficitaria de todas. Esto hace que la integración de la RA en el aula genere dificultades y reticencias en los profesores debido a su deficiente nivel de competencia digital y a la escasez de recursos tecnológicos a su disposición (Bower et al., 2014; Roblizo y Cózar, 2015).

3.2.5. Matriz DAFO

La información sobre las Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades se resumen en la matriz de análisis DAFO (Tabla 13)

ANÁLISIS DAFO		
	FORTALEZAS	DEBILIDADES
FACTORES INTERNOS	-Redefinición (ASMR) -Aprende creando -Modeliza procesos -Lenguaje multimodal	-Enfoque ético necesario -Posible sobrecarga cognitiva -Niveles bajos de realidad aumentada
	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
FACTORES EXTERNOS	-Rápida expansión de la tecnología	-Deficiente nivel de la Competencia Digital Docente

Tabla 13. Matriz de análisis DAFO para la propuesta

4. CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente trabajo se resumen en las siguientes:

- 1) La RA es una tecnología emergente con gran potencial en la educación. Sin embargo, para considerar su introducción en el aula una innovación educativa, es necesario lograr la integración entre tecnología y pedagogía. Esta propuesta trata de lograr esa integración a través de la incorporación de la RA para obtener resultados que previamente eran inconcebibles, como es el caso de que los alumnos puedan construir modelos interactivos para representar procesos ecológicos.
- 2) La propuesta práctica que se realiza en este trabajo tiene ciertas fortalezas como son los beneficios relacionados con aprender creando, modelizar procesos o la multimodalidad, pero, también, es necesario testarla en el contexto real de un aula para detectar y corregir las posibles debilidades como puede ser la sobrecarga cognitiva.
- 3) Las dificultades en la incorporación de la RA en el aula están marcadas por la falta de capacitación del profesorado y no por el escaso desarrollo de la tecnología. Es necesario el esfuerzo y dedicación de la administración y el cuerpo docente para poder introducir de forma exitosa esta tecnología emergente.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A., del Mar Aragón-Méndez, M., & Oliva-Martínez, J. M. (2017). Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica. *Revista científica*, 3(30), 155-166.
- Ala-Mutka, K., Punie, Y., & Redecker, C. (2008). ICT for learning, innovation and creativity. *Institute for Prospective Technological Studies (IPTS), European Commission, Joint Research Center. Technical Note: JRC, 48707*.
- Almenara, J. C. (2010). Los retos de la integración de las TICs en los procesos educativos. Límites y posibilidades. *Perspectiva Educacional, formación de profesores*, 49(1), 32-61.
- Anderson, C. W., Sheldon, T. H., & Dubay, J. (1990). The effects of instruction on college nonmajors' conceptions of respiration and photosynthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(8), 761-776.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- Barrabín, J. y Grau Sánchez, R. (1996). Concepciones y dificultades comunes en la construcción del pensamiento biológico. *Alambique*, 7, 53-63.
- Bau, D., Gray, J., Kelleher, C., Sheldon, J., & Turbak, F. (2017). Learnable programming: blocks and beyond. *arXiv preprint arXiv:1705.09413*.
- Bauman, Z. (2007). *Los retos de la educación en la modernidad líquida*. Editorial Gedisa.
- Beals, A. M., Road, H. N. D., Krall, R. M., & Wymer, C. L. (2012). *Energy Flow through an Ecosystem : Conceptions of In-service Elementary and Middle School Teachers*. 2(1), 1-18.
- Beetham, H., & Sharpe, R. (Eds.). (2013). *Rethinking pedagogy for a digital age: Designing for 21st century learning*. routledge.
- Bermudez, G., & De Longhi, A. (2008). La Educación Ambiental y la Ecología como ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencia*, 7(2), 275-297.
- Bermudez, G. M. A., & De Longhi, A. (2005). *De la ingenuidad a la maestría. niveles y dimensiones de la comprensión de cuestiones ecológicas en la escuela media*. 1-7.
- Bermudez, G., & De Longhi, A. L. (2006). para conceptos estructurantes de ecología Curricular proposal of progression hypothesis for ecological structurant concepts. *Campo Abierto*, 25, 13-38.
- Billinghurst, M. (2002). Augmented reality in education. *New horizons for learning*, 12(5), 1-5.
- Billinghurst, M., & Duenser, A. (2012). Augmented reality in the classroom. *Computer*, 45(7), 56-63.
- Blikstein, P. (2019). Project Bloks: Embodied and Collaborative Learning with Tangible Interfaces for Young Children. *A Wide Lens: Combining Embodied, Enactive, Extended, and Embedded Learning in Collaborative Settings*.

- Bogner, F. X. (2009). The Influence of Short-Term Outdoor Ecology Education on Long-Term Variables of Environmental Perspective. *The Journal of Environmental Education*, 29(4), 17–29. <https://doi.org/10.1080/00958969809599124>
- Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., & Grover, D. (2014). Augmented Reality in education—cases, places and potentials. *Educational Media International*, 51(1), 1-15.
- Bright, A. y Stinchfield, H. (2005). Assessment of Public Knowledge, Values and Attitudes toward Biodiversity and Sustainable Forestry. *Final Report to the National Commission on Science for Sustainable Forestry. NCSSF Workshop in Portland, 15 June*.
- Cabrera, A. F., Cruz, C. S. L., & Sánchez, S. P. (2019). Análisis de la competencia digital docente: Factor clave en el desempeño de pedagogías activas con Realidad Aumentada. *REICE: Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 17(2), 27-42.
- Capra, F. (1996). *The web of life: A new scientific understanding of living systems*. Anchor.
- Chen, C.-M., & Tsai, Y.-N. (2012). Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools. *Computers & Education*, 59, 638–652.
- Chien, C. H., Chen, C. H., & Jeng, T. S. (2010, March). An interactive augmented reality system for learning anatomy structure. In *proceedings of the international multiconference of engineers and computer scientists* (Vol. 1, pp. 17-19). Hong Kong, China: International Association of Engineers.
- Churches, A. (2009). Taxonomía de Bloom para la era digital. *Eduteka. Recuperado, 11*.
- Conferencia intergubernamental de Tbilisi sobre educación ambiental, Tbilisi, Georgia, 14-26 de octubre de 1977. UNESCO. Disponible en: <http://redined.mecd.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/94637/00820093002464.pdf?sequence=1>
- Correa, C. A. (2012). *Los conceptos estructurantes de ecología como fundamento conceptual y metodológico de la educación ambiental*. (pp. 67–84). pp. 67–84. Extramuros: revista de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.
- Craft, A. (2005). *Creativity in schools: Tensions and dilemmas*. Routledge.
- Cubero, R. (1994). Concepciones alternativas, preconceptos, errores conceptuales. ¿distinta terminología y un mismo significado?. *Investigación en la Escuela*, (23), 33-42
- Cumbres de la Tierra de Rio de Janeiro, Río de Janeiro, Brasil, 3-14 de junio de 1992. ONU. Disponible en: <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm>
- Davis, M., Hawley, P., McMullan, B., & Spilka, G. (1997). *Design as a catalyst for learning*. Association for Supervision and Curriculum Development, 1250 N. Pitt St., Alexandria, VA 22314-1453, tele.
- DECRETO FORAL 24/2015 de 22 de abril, por el que se establece el currículo de las enseñanzas de Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Foral de Navarra. Boletín Oficial de Navarra número 127, de 2 de julio de 2015

- Declaración de Estocolmo sobre el Medio Humano, Estocolmo, Suecia, 5 -16 de junio de 1972. ONU. Disponible en: <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0579218.pdf>
- Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. *Science*, 323, 66 –69.
- Del Río Sánchez, O. (2009). TIC, derechos humanos y desarrollo: nuevos escenarios de la comunicación social. *Anàlisi: quaderns de comunicació i cultura*, (38), 55-69.
- Di Serio, Á., Ibáñez, M. B., & Kloos, C. D. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586-596.
- Díaz Barriga, Á. (2006). La educación en valores: Avatares del currículum formal, oculto y los temas transversales. *Revista electrónica de investigación educativa*, 8(1), 1-15.
- Doppelt, Y. (2003). Implementation and assessment of project-based learning in a flexible environment. *International journal of technology and design education*, 13(3), 255-272.
- Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of science Education and Technology*, 18(1), 7-22.
- de Echave Sanz, A., Sánchez, M. D., & Serón, F. J. (2016). Un escenario creativo para la educación científica mediante la Realidad Ampliada. *Revista de investigación en educación*, 14(2), 240-246.
- Elif, O. Y., & Muhlis, O. (2015). Determination of secondary school students cognitive structure, and misconception in ecological concepts through word association test. *Educational Research and Reviews*, 10(5), 660–674. <https://doi.org/10.5897/err2014.2022>
- Ellse, M. (1988). Transferring Not Transforming Energy. *School Science Review*, 69(248), 427–437.
- Ferrari, A., Cachia, R., & Punie, Y. (2009). Innovation and creativity in education and training in the EU member states: Fostering creative learning and supporting innovative teaching. *JRC Technical Note*, 52374, 64.
- Fombona, J., Pascual, M. J., y Madeira, M. F. (2012). Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 41, 197-210.
- Fortus, D., Krajcik, J., Dersheimer, R. C., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Design-based science and real-world problem-solving. *International Journal of Science Education*, 27(7), 855-879.
- Fries-Gaither, J. (2009). Common misconceptions about biomes and ecosystems. Beyond Penguins and Polar Bears. *The Ohio State University*. Dostupné Z.
- Fullan, M. G. (1991). with Stiegelbauer, S.(1991). *The new meaning of educational change*, 2.
- García, J. E. (2003). Investigando el ecosistema. *Investigación En La Escuela*, 51, 83–100.
- Ghemawat, P. (2002). Competition and business strategy in historical perspective. *Business history review*, 76(1), 37-74.
- Grigg, W. S., Lauko, M. A., & Brockway, D. M. (2006). *The Nation's Report Card Science*

2005.

- Guevara, C. A. D., Garay, F. R. G., Paz, J. D. A., & Adúriz-Bravo, A. (2019). Los modelos y la modelización científica y sus aportes a la enseñanza de la periodicidad química en la formación inicial del profesorado. *Didacticae: Revista de Investigación en Didácticas Específicas*, (5), 7-25.
- Gutiérrez, R. C., Martínez, M. D. V. D. M., Bravo, J. A. H., & Bravo, J. R. H. (2015). Tecnologías emergentes para la enseñanza de las Ciencias Sociales. Una experiencia con el uso de Realidad Aumentada en la formación inicial de maestros. *Digital Education Review*, (27), 138-153.
- Gutiérrez, R. C., Zagalaz, J., & López, J. M. S. (2015). Creando contenidos curriculares digitales de Ciencias Sociales para Educación Primaria. Una experiencia TPACK para futuros docentes. *Educatio Siglo XXI*, 33(3 Noviembre), 147-168.
- Hoda, R., Salleh, N., & Grundy, J. (2018). The rise and evolution of agile software development. *IEEE Software*, 35(5), 58-63.
- Hogan, K. (2000). Assessing students' systems reasoning in ecology. *Journal of Biological Education*, 35, 22-28.
- Hubber, P., Tytler R., and Haslam F. (2010). 'Teaching and Learning about Force with a Representational Focus: Pedagogy and Teacher Change'. *Research in Science Education* 40 (1): 5-28.
- Hunter, L.M. y Brehm, J. (2003). Qualitative insight into public knowledge of, and concern with biodiversity. *Human Ecology*, 31(2), 309-320. <https://doi.org/10.1023/A>
- Ibarra Murillo, J., & Gil Quílez, M. J. (2009). Uso del concepto de sucesión ecológica por alumnos de secundaria: La predicción de los cambios en los ecosistemas. *Ensenanza de Las Ciencias*, 27(1), 19-32.
- Ibarra, Quilez, & Carrasquer. (2009). E Nvironmental Issues and E Cological Understanding in Teachers Training. *Acta Didactica Napocensia*, 2(2), 65-72.
- Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático AR5 (2014). ONU. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf
- Johnson, L., Smith, R., Levine, A., & Haywood, K. (2010). The 2010 Horizon report: Australia – New Zealand ed. Austin, TX: T.N.M. Consortium.
- Kamarainen, A. M., Metcalf, S., Grotzer, T., Browne, A., Mazzuca, D., Tutwiler, M. S., & Dede, C. (2013). EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. *Computers & Education*, 68, 545-556.
- Kamarainen, A., Reilly, J., Metcalf, S., Grotzer, T., & Dede, C. (2018). Using mobile location-based augmented reality to support outdoor learning in undergraduate ecology and environmental science courses. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 99(2), 259-276.
- Kamphuis, C., Barsom, E., Schijven, M., & Christoph, N. (2014). Augmented reality in medical education?. *Perspectives on medical education*, 3(4), 300-311.

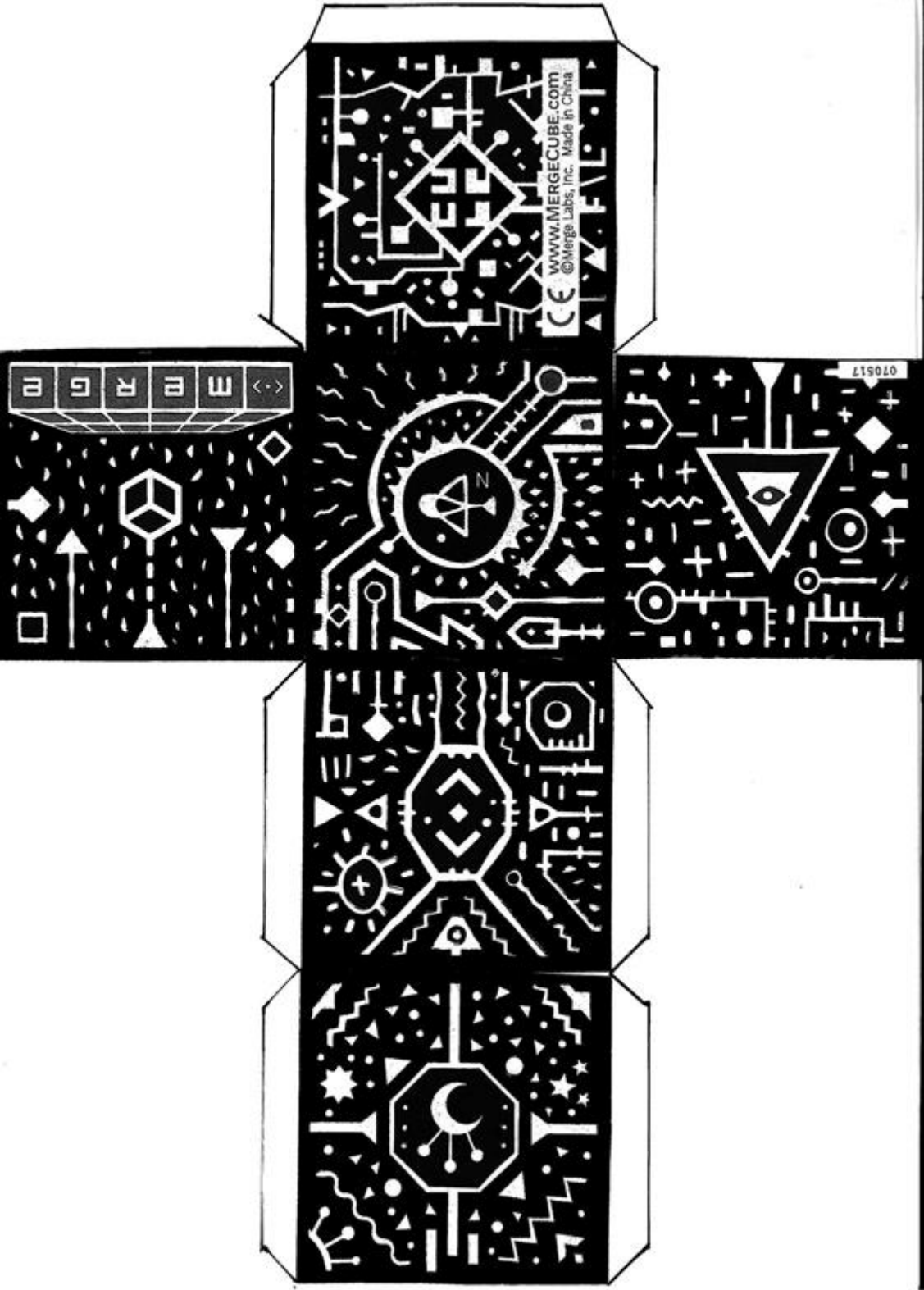
- Kaufmann, H., & Schmalstieg, D. (2003). Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. *Computers & Graphics*, 27, 339–345.
- Kim, K., Hwang, J., Zo, H., & Lee, H. (2016). Understanding users' continuance intention toward smartphone augmented reality applications. *Information Development*, 32(2), 161-174.
- Kim, P., Suh, E., & Song, D. (2015). Development of a design-based learning curriculum through design-based research for a technology-enabled science classroom. *Educational Technology Research and Development*, 63(4), 575-602.
- Kirkley, S. E., & Kirkley, J. R. (2005). Creating next generation blended learning environments using mixed reality, video games and simulations. *TechTrends*, 49(3), 42-53.
- Klopfer, E., & Squire, K. (2008). Environmental detectives – The development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational Technology Research and Development*, 56, 203–228.
- Krall, R. M., Lott, K. H., & Wymer, C. L. (2009). Inservice elementary and middle school teachers' conceptions of photosynthesis and respiration. *Journal of Science Teacher Education*, 20(1), 41–55.
- Kreijns, K., Van Acker, F., Vermeulen, M., & Van Buuren, H. (2013). What stimulates teachers to integrate ICT in their pedagogical practices? The use of digital learning materials in education. *Computers in human behavior*, 29(1), 217-225.
- Küçük, S., Kapakin, S., & Göktaş, Y. (2016). Learning anatomy via mobile augmented reality: effects on achievement and cognitive load. *Anatomical sciences education*, 9(5), 411-421.
- Lens-Fitzgerald, M. (2009). Augmented Reality Hype Cycle. *Recuperado de http://www.marketingfacts.nl/berichten/20090428_de_augmented_reality_hype_cycle*.
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE), Boletín Oficial del Estado (BOE). 10 de diciembre de 2013.
- Likens, G. E., & Cowan Jr, J. H. (1992). The ecosystem approach: its use and abuse.
- Margalef, R. (1995). Ecología. *Omega, Barcelona, Spain*.
- Marulcu, I., & Barnett, M. (2013). Fifth graders' learning about simple machines through engineering design-based instruction using LEGO™ materials. *Research in Science Education*, 43(5), 1825-1850.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In *Telemanipulator and telepresence technologies* (Vol. 2351, pp. 282-292). International Society for Optics and Photonics.
- Munson, B. H. (1992). Relationships between an individual's conceptual ecology and the individual's conceptions of ecology. *Journal Environmental Education*, 25(4), 30–34.
- Napal, M., & Zudaire, M. I. (2019). *STEM: la enseñanza de las ciencias en la actualidad*. Madrid: Dextra.

- Neber, H., & Schommer-Aikins, M. (2002). Self-regulated science learning with highly gifted students: The role of cognitive, motivational, epistemological, and environmental variables. *High Ability Studies*, 13(1), 59-74.
- Neville, M. (2010). Meaning making using new media: Learning by design case studies. *E-learning and Digital Media*, 7, 237-247.
- Nicareana D, Bilal M, Abdul Halim N, Abdul Rahman H. Mobile Augmented Reality: the potential for education. *Procedia Soc Behav Sci*. 2013;103:657-64.
- Orr, D. W. (1992). *Ecological literacy: Education and the transition to a postmodern world*. Suny Press.
- Pathak, H. (2018). *Environmental Education a Medium for Improving Human Values : A Overview*. 2(3), 24-26.
- Pedró, F. (2006). *Aprender en el nuevo milenio: Un desafío a nuestra visión de las tecnologías y la enseñanza*. Inter-American Development Bank.
- Prokop, P., Tuncer, G., & Kvasničák, R. (2007). Short-term effects of field programme on students' knowledge and attitude toward biology: A Slovak experience. *Journal of Science Education and Technology*, 16(3), 247-255. <https://doi.org/10.1007/s10956-007-9044-8>
- Puente dura, R. (2006). Transformation, technology, and education.
- Quarles, J., Lampotang, S., Fischler, I., Fishwick, P., & Lok, B. (2008, March). A mixed reality approach for merging abstract and concrete knowledge. In *2008 IEEE Virtual Reality Conference* (pp. 27-34). IEEE.
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533-1543.
- Ramírez, M. J. M. (1995). *Los temas transversales*. Magisterio del Río de la Plata.
- Rasimah, C., Ahmad, A., & Zaman, H. (2011). Evaluation of user acceptance of mixed reality technology. *Australasian Journal of Educational Technology*, 27, 1369-1387.
- RESOLUCIÓN 582/2018, de 27 de agosto, Dirección General de Universidades y Recursos Educativos (Gobierno de Navarra), por la que se adjudica el contrato de suministro de 5000 Chromebooks y sus correspondientes licencias Google, con destino a centros educativos públicos dependientes del Departamento de Educación.
- RESOLUCIÓN 965/2018, de 21 de diciembre, Dirección General de Universidades y Recursos Educativos (Gobierno de Navarra), por la que se aprueba el reglamento de préstamo para los Chromebook con destino a la estrategia de transformación digital educativa ikasNOVA.
- Roblizo Colmenero, M. J., & Cózar Gutiérrez, R. (2015). Usos y competencias en TIC en los futuros maestros de educación infantil y primaria: hacia una alfabetización tecnológica real para docentes. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 47, 23-39.
- Rogers, Y., Price, S., Fitzpatrick, G., Fleck, R., Harris, E., Smith, H., ... & Thompson, M. (2004, June). Ambient wood: designing new forms of digital augmentation for learning outdoors.

- In *Proceedings of the 2004 conference on Interaction design and children: building a community* (pp. 3-10). ACM.
- Rohde, G. M. (1996). Epistemología ambiental: uma abordagem filosófica-científica sobre a efetuação humana alopoiética. *Porto Alegre: EDIPUCRS*.
- Romero-Gutierrez, M., Jimenez-Liso, M. R., & Martinez-Chico, M. (2016). SWOT analysis to evaluate the programme of a joint online/onsite master's degree in environmental education through the students' perceptions. *Evaluation and program planning*, 54, 41-49.
- Sánchez Sánchez-Cañete, F. J., & Pontes Pedrajas, A. (2010). La Comprensión De Conceptos De Ecología Y Sus. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 7(Nº extraordinario), 271–285.
- Shelton, B. E. (2002). Augmented reality and education: Current projects and the potential for classroom learning. *New Horizons for Learning*, 9. Retrieved from http://inst.usu.edu/bshelton/resources/shelton-NH_aug_real.pdf
- Siemens, G. (2005). Connectivism: Learning as network-creation. *ASTD Learning News*, 10(1), 1-28.
- Simplicio, J. S. (2000). Teaching classroom educators how to be more effective and creative. *Education*, 120(4).
- Sin, A. K., & Zaman, H. B. (2009, November). Tangible interaction in learning astronomy through augmented reality book-based educational tool. In *International Visual Informatics Conference* (pp. 302-313). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Stamp, N., Armstrong, M., & Biger, J. (2007). Ecological Misconceptions, Survey III: the Challenge of Identifying Sophisticated Understanding. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 87(2), 168–175. [https://doi.org/10.1890/0012-9623\(2006\)87\[168:emsitc\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1890/0012-9623(2006)87[168:emsitc]2.0.co;2)
- Summers, M.; Corney, G. y Childs, A. (2004). Student teachers' conceptions of sustainable development: the starting-points of geographers and scientists. *Educational Research*, 46(2), 163–182.
- Tarng, W., & Ou, K.-L. (2012). A study of campus butterfly ecology learning system based on augmented reality and mobile learning. In *IEEE Seventh International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education (WMUTE)*, 2012 (pp. 62–66). Takamatsu: IEEE.
- Tekkaya, C. (2002). MISCONCEPTIONS AS BARRIER TO UNDERSTANDING BIOLOGY BİVOLOJİ KAVRAMLARININ ANLAŞILMASINDA KAVRAM VANILGISI ETMENİ. *Journal of Faculty of Education*, (23), 259–266.
- Terradas, J. (1979). Ecología y educación ambiental. *Cuadernos de Biología, Barcelona*.
- Toledo Morales, P., & Sánchez García, J. M. (2017). Realidad Aumentada en Educación Primaria: efectos sobre el aprendizaje.
- Toman, U. (2018). An Investigation into the Learning of Ecological Concepts. *European Journal of Educational Research*, 7(3), 631–638. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.7.3.631>

- Villalustre Martínez, L., del Moral Pérez, M. E., & Neira-Piñeiro, M. D. R. (2019). Percepción docente sobre la Realidad Aumentada en la Enseñanza de Ciencias en Primaria. Análisis DAFO. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(3).
- Waks, S. (1995). *Curriculum design: From an art towards a science*. Tempus.
- Weintrop, D., & Wilensky, U. (2017). Comparing block-based and text-based programming in high school computer science classrooms. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 18(1), 3.
- White, P. A. (1995). Common sense construction of causal processes in nature: causal network analysis. *British Journal of Psychology*, 86, 377–395.
- White, P. A. (1997). Naïve ecology: causal judgments about a simple ecosystem. *British Journal of Psychology*, 8(2), 219–233.
- Wilensky, U., & Reisman, K. (2006). Thinking like a wolf, a sheep, or a firefly: Learning biology through constructing and testing computational theories—an embodied modeling approach. *Cognition and instruction*, 24(2), 171-209.
- Wojciechowski, R., & Cellary, W. (2013). Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments. *Computers & Education*, 68, 570-585.
- Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & education*, 62, 41-49.

ANEXO I Plantilla cubo de *Merge*



ANEXO II

DIARIO DE APRENDIZAJE

ALUMNA/O		EQUIPO
CURSO		

CREACIÓN DE ENTORNOS DE REALIDAD AUMENTADA: COMPRENDER LOS ECOSISTEMAS

*Una para cada paquete de trabajo

ACTIVIDAD/FECHA

Tareas que he realizado

¿Quién me ha ayudado?

¿Qué dificultades me he encontrado?

¿Qué he aprendido?

¿Qué valoración haces del trabajo realizado?

ANEXO III

CUADERNO DE EQUIPO

CONTRATO DE EQUIPO

Nombre del equipo

El equipo x , formado por..., nos comprometemos a cumplir las normas

FIRMAS:

Miembro	Apartado asignado
(Secretario)	

Normas de funcionamiento / Consecuencias	
-	-
-	-
-	-
-	-

PLAN DE TRABAJO INDIVIDUAL

*Una para cada integrante del grupo

Boceto del apartado

Boceto con aportaciones

CAMBIOS REALIZADOS	¿QUIÉN LO HA PROPUESTO?

PLAN DE TRABAJO GRUPAL

*Añade tantas hojas como necesites, según actividades

ACTIVIDAD	Sesión	Fecha
-----------	--------	-------

NOMBRE	REPARTO DE TAREAS
	-
	-
	-
	-
	-
	-
	-
	-

¿Qué hemos aprendido?

¿Qué dificultades hemos encontrado?

VALORACIÓN FINAL DE LA ACTIVIDAD

REFLEXIÓN FINAL

FORTALEZAS del proyecto

DEBILIDADES del proyecto

¿Cómo se ha sentido el equipo en el proyecto?

